



**LfL**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

## **Eiweißreiche Luzerneprodukte**

Ernte und Konservierung von Luzernespitzen,  
Luzerneblättern und gesiebter Luzerne



**LfL-Information**

**Impressum**

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan  
Internet: [www.LfL.bayern.de](http://www.LfL.bayern.de)

Redaktion: Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Vöttinger Straße 36, 85354 Freising  
E-Mail: [TierundTechnik@LfL.bayern.de](mailto:TierundTechnik@LfL.bayern.de)  
Telefon: 08161 8640-3450

Fotos: Isabella Kirn, LfL (Titel oben links), Stefan Thurner, LfL (Titel oben  
Rechts und unten links), Rosa Rößner, LfL (Titel unten rechts)

1. Auflage: Januar 2025

Nur Internet

© LfL

## **Inhalt**

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Anforderungen und Herausforderungen .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Verfügbare Erntetechnik zur Ernte der Luzerneprodukte .....</b>	<b>5</b>
3.1	Luzernespitzen .....	5
3.2	Luzerneblätter beziehungsweise gesiebte Luzerne .....	7
3.3	Junger Luzernebestand .....	9
<b>4</b>	<b>Konservierung .....</b>	<b>9</b>
4.1	Trocknung von Luzerneprodukten .....	9
4.2	Silierung von Luzerneprodukten .....	10
<b>5</b>	<b>Weitere Techniken (Prototypen).....</b>	<b>10</b>
5.1	Mähdrescher .....	10
5.2	Kleekraft.....	11
5.3	Windsichten.....	11
5.4	Presssaft herstellen .....	11

## 1 Einleitung

Die Luzerne (*Medicago sativa*) ist ein zentraler Bestandteil der nachhaltigeren Landwirtschaft und spielt sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Landbau eine bedeutende Rolle. Neben ihren agronomischen Vorteilen, wie der Trockenheitsresistenz und der Fähigkeit, die Stickstoff- und Humusbilanz zu verbessern, stellt sie auch ein wertvolles Eiweißfuttermittel in der Tierhaltung dar. Dies gilt insbesondere im Kontext der EU-Ökoverordnung 2018/848, die den Einsatz regional erzeugter, ökologisch produzierter Futtermittel in der Tierproduktion vorschreibt.

Von besonderem Interesse ist dabei die Ernte von Luzernespitzen sowie Luzerneblättern, aber auch die Ernte eines jungen Luzernebestandes. Ziel ist es dabei, die Rohproteingehalte im Erntegut zu erhöhen ( $> 25$  % der Trockenmasse (TM)) bei gleichzeitiger Reduktion der Fasergehalte ( $< 20$  % CF/kg TM). Während bei der Ernte von Luzernespitzen der obere Pflanzenteil geerntet wird, um somit den (verholzten) Stängelanteil ohne Blattmasse zu reduzieren, wird zur Gewinnung von Luzerneblättern zunächst die Ganzpflanze geerntet und anschließend in getrocknetem Zustand gesiebt, um die Blätter von den Stängeln zu trennen. Darüber hinaus werden derzeit alternative Erntetechniken zur Gewinnung von Luzerneblättern erprobt.

Durch diese Ernteverfahren können neben der Reduktion der Fasergehalte auch die Rohproteingehalte erhöht werden, deren Zusammensetzung sich bei der Luzerne insbesondere durch die hohen Gehalte an schwefelhaltigen Aminosäuren wie Methionin auszeichnet. Diese Eigenschaften machen sie nicht nur zu einem hochwertigen und gut verdaulichen Eiweißfuttermittel für hochleistende Wiederkäuer (Projekt NovaLuz), sondern insbesondere auch für die Fütterung von Geflügel und Schweinen interessant (Projekte NovaLuz, Grünlegum, GalliLuz). Trotz der Vorteile von Luzerne gibt es auch Herausforderungen. Die antinutritiven sekundären Pflanzeninhaltsstoffe, die sogenannten Saponine (Seifenstoffe) in der Luzerne können die Futteraufnahme und Nährstoffverwertung insbesondere beim Geflügel und Schwein beeinträchtigen, was zu Leistungsdepressionen führen kann. Insbesondere bei der Gewinnung von Luzernespitzen und Luzerneblättern wird der Saponingehalt im Futtermittel aufkonzentriert, da die Saponine vermehrt im Blattmaterial vorkommen. Zusätzlich ist der Einfluss unterschiedlicher Erntemethoden und Schnitthöhen auf den Ertrag sowie die Nährstoffzusammensetzung der Luzernespitzen im großindustriellen Maßstab bislang nur unzureichend erforscht. Darüber hinaus befinden sich weitere Erntetechniken häufig noch im Prototypenstatus, was die Möglichkeiten zur Optimierung der Ernteprozesse und der Produktqualität derzeit noch offen lässt.

## 2 Anforderungen und Herausforderungen

Neben den klassischen Standort- und Klimaansprüchen zum Luzerneanbau sind vor und bei der Ernte der eiweißreichen Luzerneprodukte bestimmte Voraussetzungen und Anforderungen zu beachten, um das Ziel eines hohen Eiweißgehaltes realisieren zu können bei einem gleichzeitig vertretbaren Ernteertrag.

Mehrere Ernteperioden und Analyseergebnisse aus der Praxis zeigen, dass nicht nur der **Erntezeitpunkt** (Ziel: vor der Blüte) einen entscheidenden Einfluss auf den Rohproteingehalt im Ausgangsbestand der Luzerne hat, sondern auch die **Witterungsbedingungen** während der Wachstumsphase. Besonders Kälte und Nässe scheinen sich dabei negativ auf die Rohproteingehalte auszuwirken. Es wird vermutet, dass die Aktivität der Knöllchenbakterien unter diesen Bedingungen eingeschränkt wird, was die von ihnen geleistete Stickstofffixierung weniger effizient macht und damit die mögliche Proteinsynthese reduziert und der Rohproteingehalt in der Luzerne geringer ausfällt. Aber auch sehr hohe Temperaturen im Sommer, sogenannte Hitzetage, scheinen sich -zumindest bei den hier verwendeten Sorten- negativ auf die Proteingehalte in den Luzernepflanzen auszuwirken. Weitere Untersuchungen zur wissenschaftlichen Quantifizierung dieses Zusammenhangs wären daher wünschenswert.



**Abbildung 1:** Ökologisch bewirtschafteter, homogener Luzernebestand (© Isabella Kim)

Insbesondere bei der Ernte von **Luzernespitzen** ist ein **homogener Aufwuchs** (Abbildung 1) vorteilhaft, da die gewählte Schnitthöhe einen maßgeblichen Einfluss darauf hat, wie viel von der Pflanze tatsächlich abgeschnitten wird. Wird beispielsweise die Schnitthöhe zu hoch gewählt und ist nicht auf den durchschnittlichen Bestand abgestimmt, kann es vorkommen, dass an bestimmten Stellen keine Pflanzen erfasst werden, da die Wuchshöhe in diesen Bereichen des Schlags zu gering ist. Daher erfordert die Festlegung der Schnitthöhe eine sorgfältige Abwägung zwischen der Homogenität und Aufwuchshöhe des Bestandes und der angestrebten Futtermittelqualität (Rohprotein- vs. Fasergehalt). Dabei stellt insbesondere auch die maschinelle Ernte eine Herausforderung zum Erreichen der angestrebten Rohproteingehalte dar. Bei der Ernte unter Praxisbedingungen, das heißt bei breitflächiger

Ablage der Spitzen nach dem Mähen, anschließendem Schwaden und der darauffolgenden Bergung mittels Pick-up samt Abtransport, kann durch diese Prozesse ein Verlust von rohproteinreichen Pflanzenbestandteilen und/oder ein Eintrag von Stängelmaterial festgestellt werden. Der Verlust entsteht insbesondere durch Bröckelverluste. Doch nicht nur der Ernteprozess beeinflusst die Qualität des Ernteprodukts, sondern auch das Management des darauffolgenden Aufwuchses. Praktische Erfahrungen in der Landwirtschaft zeigen, dass bei der Ernte von Luzernespitzen für einen erfolgreichen Wiederaustrieb eine zeitnahe zweite Mahd erforderlich ist, um die verbliebenen Stängel abzuernten. Diese Vorgehensweise wird angewendet, um den gleichmäßigen Neuaustrieb zu fördern und so die Qualität des Futters sowie den Ertrag der nachfolgenden Wachstumsperiode zu sichern. Wissenschaftliche Untersuchungen zur genauen Wirkung dieser Methode stehen jedoch noch aus.

### 3 Verfügbare Erntetechnik zur Ernte der Luzerneprodukte

#### 3.1 Luzernespitzen

Bei der Ernte von Luzernespitzen (Abbildung 2) ist die Gewährleistung einer präzisen, effizienten und sauberen Schnittführung auf einer variablen Höhe von zentraler Bedeutung. Um diese Anforderungen zu erfüllen, sollte die **Doppelmessermähetechnik** angewendet werden (Abbildung 3). Diese Technik hat sich als überlegen erwiesen, da sie eine

gleichmäßige Schnittführung ermöglicht und mit Geschwindigkeiten von 8 – 12 km/h gemäht werden kann. Im Gegensatz dazu hat sich der Einsatz von Schnitttechniken, die ausschließlich auf einer Haspel und Druck ohne sich bewegende Messer basieren, in der Praxis als wenig funktionsfähig erwiesen. Vom Einsatz solcher Verfahrenstechnik ist damit abzuraten.



**Abbildung 2:** Bestand links nach der Luzernespitzenenernte, rechts ungeernteter Ausgangsbestand (© Isabella Kim)



**Abbildung 3:** Doppelmessermähwerk mit mittlerer Aufhängung zum Erreichen der variablen Schnitthöhe (hier: Seco Duplex 900F der Firma BB Umwelttechnik) (© Stefan Thurner)

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, die **TopCut Collect Technik von Zürn Harvesting GmbH & Co. KG** einzusetzen. Das TopCut ist ein speziell entwickeltes System zu mechanischen Unkrautkontrolle für Ungräser und Unkräuter, die höher als der Zielbestand (meist Getreide) wachsen. Dies macht das Verfahren zu einer geeigneten Technik zur gezielten Ernte von Luzernespitzen. Durch das schonende Schneidverfahren und die optionale Integration eines Sammelbehälters (Abbildung 4 und 5) können Blattverluste sogar minimiert werden. Allerdings liegt die maximale Arbeitsgeschwindigkeit für Luzernespitzen derzeit bei nur 5 km/h, wie Praxisversuche der LfL zeigten.



**Abbildung 4:** TopCut Collect mit Sammelbehälter von Zürn Harvesting (© Jan Maxa)



**Abbildung 5:** TopCut Collect im Frontladeranbau ohne Sammelbehälter von Zürn Harvesting (© Stefan Thurner)

Der Luzernespitzen- und Rohproteinерtrag hängt bei der Ernte stark von der Qualität des Ausgangsbestand und der gewählten Schnitthöhe ab, was zu unbeständigen Ergebnissen in Abhängigkeit dieser führt. Es sollte bei der Schnitthöhe praktischerweise dennoch darauf geachtet werden, bei einem Luzernespitzenanteil von 50-30 % der Ganzpflanze zu liegen. Im nachfolgenden werden Ergebnisse einer Beispielernte dargestellt, um die Variabilität zu verdeutlichen.

### Beispiel Ernteprozess: Ernte und Verarbeitung von Luzernespitzen (LS)

**Ernteverfahren:** Die Ernte der LS fand im Herbst 2023 im vierten Schnitt statt. Die Ernte erfolgte mittels eines Frontschmetterlingsmäherwerks mit Doppelmessertechnik (Typ: Seco Duplex 900F, BB Umwelttechnik), das aufgrund seiner präzisen Schnittführung eine hohe Schnittqualität gewährleistet. Zwei unterschiedliche Schnitthöhen in Abhängigkeit des Ausgangsbestandes wurden angewendet:

- LS1 (1. Nutzungsjahr): Sollsnitthöhe von 45 % des oberen Pflanzenteils, mit einer mittleren Aufwuchshöhe von 43,8 cm.
- LS2 (4. Nutzungsjahr): Sollsnitthöhe von 30 %, mit einer mittleren Aufwuchshöhe von 65,5 cm.

Die geernteten LS wurden anschließend auf dem Feld angelockt, mittels Kreiselschwader geschwadet und mit einem Ladewagen mit Pick-up geborgen und zur Futtertrocknung Lamerdingen eG transportiert. Dort erfolgte die Trocknung der Luzernespitzen mittels Heißlufttrommeltrocknung mit dem Verfahrensendprodukt „Luzernecobs“ (Abbildung 6 und 7).

### Ergebnisse der LS-Ernte und -Verarbeitung:

Die angestrebte Schnitthöhe wurde annähernd erreicht:

- LS1: Soll 45 % vs. Ist 57 % (mittlere Schnitthöhe: 19 cm)
- LS2: Soll 30 % vs. Ist 44 % (mittlere Schnitthöhe: 37 cm)

Aus der Ernte wurden insgesamt 4,0 dt FM/ha LS1-Cobs und 11,6 dt FM LS2-Cobs gewonnen.

Die Werbung von LS führte zu einer Erhöhung des Rohproteingehalts und einer gleichzeitigen Reduktion des Rohfasergehalts im Vergleich zum Ausgangsmaterial Ganzpflanze (Tabelle 1).

**Tabelle 1: Analyseergebnisse (g/kg TM) unterschiedlicher Luzerneprodukte**

Merkmal	LS1		LS2	
	GP <sup>1</sup> Feld	LS1 Cobs	GP <sup>2</sup> Feld	LS2 Cobs
Rohprotein	240	255	219	238
Rohfaser	234	180	282	199
Rohasche	82	88	93	103

<sup>1,2</sup> GP Feld: Ganzpflanze ohne Hochschnittverfahren = Ausgangsbestand; <sup>1</sup>ca. 5 % in der Blüte; <sup>2</sup>ca. 70 % in der Blüte

## 3.2 Luzerneblätter beziehungsweise gesiebte Luzerne

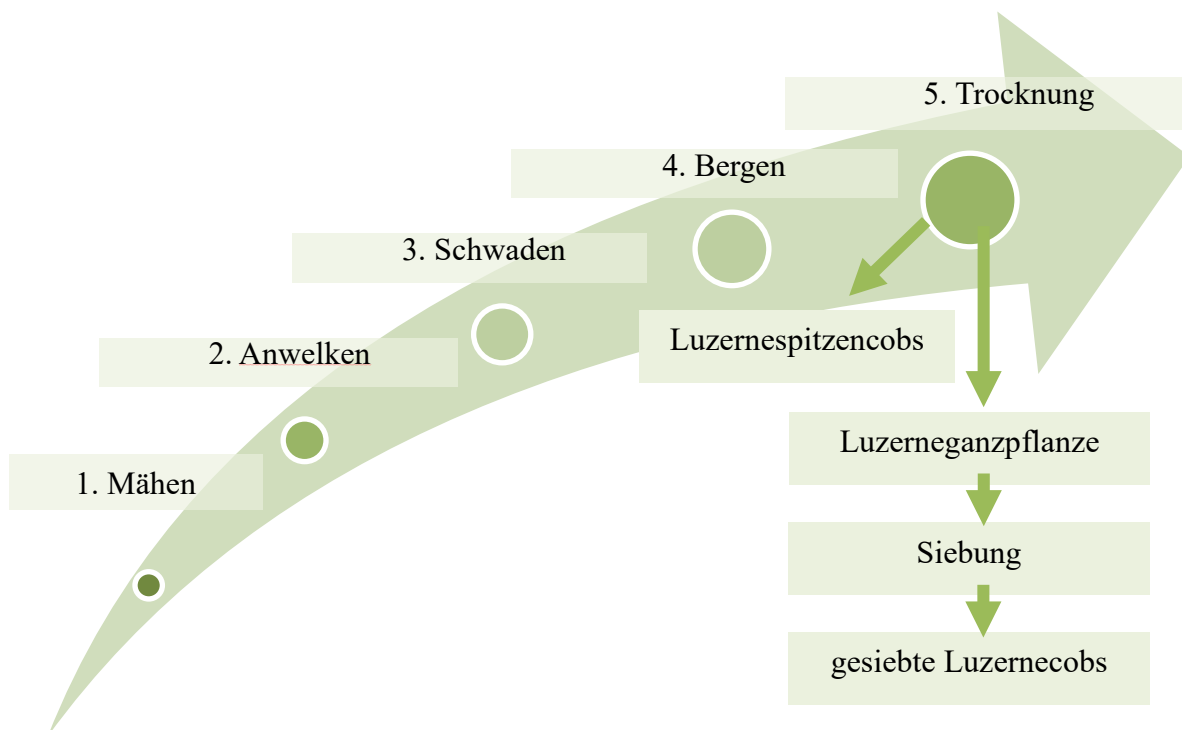
Für die großtechnologische Gewinnung von „Luzerneblättern“ ist derzeit das **mechanische Siebverfahren der Qualitätstrocknung Nordbayern eG (QTN)** am Standort Wechingen das etablierte Verfahren. Bei diesem Verfahren wird die getrocknete Luzerne in Fein- und Stängelmaterial getrennt. Da im großtechnologischen Maßstab eine vollständige Trennung

von Blatt- und Stängelmaterial nicht möglich ist und das Trennverfahren in der Praxis keine reinen Luzerneblätter liefert -wie es beispielsweise bei der manuellen Blatt-Stängel-Trennung der Fall wäre- wurde in diesem Zusammenhang der Begriff ‚gesiebte Luzerne‘ anstelle von Luzerneblättern verwendet. Das dabei anfallende Stängelmaterial kann alternativ als Strukturkomponente in der Fütterung oder Beschäftigungsmaterial genutzt werden. Auch bei der gesiebten Luzerne hängt der End- und Rohproteinertrag von der Qualität des Ausgangsbestandes ab. Die nachfolgenden Ergebnisse sollten deswegen nur als Beispiel verstanden werden, da die Ergebnisse starken Schwankungen durch die Qualität bei den Ausgangsbedingungen unterworfen sind.

### Beispiel Ernteprozess: Ernte und Verarbeitung von gesiebter Luzerne

**Ernteverfahren:** Zur Gewinnung der gesiebten Luzerne muss zunächst die Luzerneganzpflanze gewonnen und getrocknet werden. Nach der Trocknung und einer Lagerzeit von mindestens 6-8 Wochen als Ballen wird die Ganzpflanze mit dem mechanischen Siebverfahren der QTN in die Fein- und Stängelfractionen getrennt (Abbildung 6). Bei einer durch die LfL durchgeführten Ernte im Herbst 2023 wurden hierbei beispielsweise insgesamt 38,2 dt getrocknete GP-Ballen zur QTN transportiert, dort mechanisch gesiebt und zu 20,2 dt gesiebter Luzernecobs (ausschließlich Feinmaterial) weiterverarbeitet.

**Inhaltstoffe:** Eine bereits von der QTN produzierte Beispiel-Ökocharge aus dem 2. Schnitt 2023 zeigte die folgenden Analyseergebnisse: Rohproteingehalt 231 g/kg TM Rohaschegehalt 122 g/kg TM und Rohfasergehalt 205 g/kg TM.



**Abbildung 6:** Verfahrensschritte zur Ernte und Aufbereitung von Luzernespitzencobs und gesiebter Luzernecobs



### 3.3 Junger Luzernebestand

Die Ernte eines jungen Luzernebestandes sollte idealerweise bei einer Höhe von etwa 25 cm und vor der Blüte erfolgen, damit Rohproteingehalte von  $> 25\%$  der TM erreicht werden können. Neben der dabei zu erreichenden hohen Futterqualität und hohen Verdaulichkeit, sorgt die Ernte bei einer geringeren Aufwuchshöhe wie beispielsweise von 25 cm dafür, dass der Anteil an Blättern im Verhältnis zu den Stängeln größer ist. Da Blätter weniger Faserbestandteile und gleichzeitig mehr Rohprotein enthalten als die stängelartigen Pflanzenteile, ergibt sich ein vorteilhafter Futterwert, insbesondere für den Monogastrier. An die Erntetechnik eines jungen Luzernebestandes werden keine speziellen Anforderungen gestellt, die über die Anforderungen einer herkömmlichen Grünlandernte hinausgehen. Daher kann jedes gängige Mähwerk für diese Art der Ernte eingesetzt werden.

## 4 Konservierung

Für die Konservierung der eiweißreichen Luzerneprodukte spielt insbesondere die Heißluftfuttrocknung eine zentrale Rolle. Aber auch die Silierung kann bei der Konservierung von Luzernespitzen und einem jungem Luzernebestand Verwendung finden. Die Wahl zwischen Trocknung und Silierung hängt von den betrieblichen Gegebenheiten, den Zieltierarten sowie den gewünschten Einsatzbereichen des Endprodukts ab. Beide Methoden bieten Vor- und Nachteile, wobei die sorgfältige Durchführung entscheidend für die Erhaltung der Futterqualität und Minimierung der Verluste ist.

### 4.1 Trocknung von Luzerneprodukten

Die Heißlufttrocknung von Luzerneprodukten ist eine bewährte Methode zur Konservierung, besonders wenn es darum geht, die Luzerneprodukte in Alleinfuttermischungen einzubringen oder eine stabile Lagerung notwendig ist (Abbildung 7).



**Abbildung 7:** Luzernespitzen nach der Heißlufttrommel-trocknung der Futter-trocknung Lamerdingen eG (© Rosa Rößner)

**Schonendes Antrocknen auf dem Feld:** Um Bröckelverluste von Blättern zu minimieren, ist eine vorsichtige Behandlung während der Feldtrockenphase wichtig. Blätter sind besonders empfindlich und tragen wesentlich zum Rohproteingehalt der Luzerne bei. Verluste in diesem Bereich wirken sich negativ auf die Futterqualität aus.

**Zielkonflikt zwischen Feuchtigkeitsreduktion und Trocknungskosten:** Eine längere Feldtrockenphase führt zu einem geringeren Wassergehalt des Ernteprodukts und reduziert damit die Energie- und Stromkosten der anschließenden Trocknung erheblich. Allerdings erhöhen zu lange Liegezeiten das Risiko von Nährstoffverlusten durch Bröckelverluste und senken damit den Rohproteingehalt. Eine optimale Balance zwischen Feldtrocknung und maschineller Nachbehandlung ist entscheidend.

**Trocknungstemperatur und Proteinqualität:** Die Trocknung muss möglichst schonend erfolgen, um eine Maillardreaktion (Erhitzungsdegradierung des Proteins) zu vermeiden. Zu hohe Temperaturen bei bereits trockenem Material und damit zu langen Verweilzeiten in der Trocknungsluft des bereits getrockneten Ernteguts führen zur Denaturierung von Eiweißen, wodurch die Verdaulichkeit und der Futterwert des Endprodukts deutlich gemindert werden können. Daher kommt es hier insbesondere auf das Expertenwissen des Anlagenbedienpersonals in der Futtertrocknung an und deren Sensibilisierung auf die Vermeidung von Eiweißschädigungen.

## 4.2 Silierung von Luzerneprodukten

Neben der Trocknung eignet sich die Silierung als alternative Konservierungsmethode. Besonders Luzernespitzen und junge Luzerne können siliert werden. Ein Anwelken des Erntematerials auf 35-40 %, eine hohe Verdichtung, die Vermeidung von Luft einschließen sowie die Beachtung der guten fachlichen Silierpraxis (Z/PK-Wert usw. samt der Verwendung von Silier- bzw. Silierhilfsmitteln) sind hierbei entscheidend, um Fehlgärungen zu vermeiden und eine optimale Silagequalität zu gewährleisten. Eine hochwertige Luzernesilage eignet sich nicht nur als Futtermittel für Milchkühe und andere Wiederkäuer. Aufgrund ihres Nährstoffprofils kann sie auch bei Geflügel und Schweinen erfolgreich als Beifuttermittel eingesetzt werden. Insbesondere in der ökologischen Landwirtschaft kann die Verwendung von Luzernesilage bzw. Luzernespitzensilage als Grobfutteralternative in der Monogastrierfütterung aufgrund der EU-Ökoverordnung 2018/848 Vorteile bieten.

## 5 Weitere Techniken (Prototypen)

### 5.1 Mähdrescher

Bei dieser Erntetechnik handelt es sich um einen Mähdrescher von der Professur für Agrarsystemtechnik der TU Dresden und der Firma Brand Landtechnik GmbH aus Beilngries im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Projekts „Protein Regional - LuzerneKlee / Nachrüstsatz für einen Mähdrescher zur Ernte der eiweißreichen Blätter von Kleepflanzen“, der zur Ernte von angewelkten Luzerneblättern umgebaut und optimiert wurde. Der große Vorteil dieser Technik liegt darin, dass bei guten Witterungsbedingungen das geerntete Blattmaterial, das beim Dreschvorgang von den Stängeln getrennt wird, direkt lagerfähig ist (TM des Blattmaterials > 88 %). Damit dies gelingt und auch die Trennung optimal erfolgen kann, soll der Trockenmassegehalt, der auf dem Feld angewelkten Luzerneganzpflanze ca. 65 % erreichen. Dies erfordert eine relativ lange Feldtrockenphase. In dem vom Mähdrescher geernteten Material wurde unter guten Bestands- und Wetterbedingungen ein Rohproteingehalt von durchschnittlich 26 % in der Trockenmasse festgestellt.



**Abbildung 8:** Prototyp des angepassten Mähreschers zur Ernte von Luzerneblättern (© Jan Maxa)



**Abbildung 9:** Pick-up des Mähreschers zur Ernte von Luzerneblättern (© Jan Maxa)

## 5.2 Kleekraft

Die Kleekraft GmbH unterstützt mit ihrer Initiative „KLEEKRAFT“ landwirtschaftliche Betriebe bei der nachhaltigen Nutzung von Klee und Luzerne. Kernstück ist das „KLEEKRAFTWERK“, das den frisch geernteten Aufwuchs schonend aufbereitet und mit solarer Energie und Biomasse trocknet, wodurch ein hochwertiges Eiweißfuttermittel hergestellt wird.

## 5.3 Windsichten

Die Windsichttechnik wird genutzt, um feine Bestandteile wie Blätter und Samen von Stängeln oder anderen unerwünschten Bestandteilen zu trennen. Durch präzise Einstellung der Luftströmung kann hierbei auch die wertvolle Blattfraktion der getrockneten Luzerne mit hohem Rohproteingehalt effizient von den Stängeln getrennt werden. Diese Technik eignet sich für die Herstellung von Luzernetrockenblättern oder hochkonzentrierten Luzerneprodukten.

## 5.4 Presssaft herstellen

Die Gewinnung von Presssaft aus Luzerne ist eine Methode, um die wertvollen zellsaftlösliche Bestandteile wie Proteine, Vitamine und Mineralien zu extrahieren. Das gewonnene Luzernepresssaftkonzentrat kann entweder als flüssiges Ergänzungsfuttermittel genutzt oder weiterverarbeitet werden, beispielsweise zur Herstellung eines Proteinkonzentrats (Leaf protein concentrate (LPC)). Diese Technik eröffnet zusätzliche Verwertungsmöglichkeiten für Luzerne und ergänzt die herkömmlichen Verarbeitungsmethoden.