

Wirtschaftlichkeitsanalyse der Pelletierung von Klee-, Luzerne-, Wiesenheu und Stroh in der Ökomodellregion Rhein-Main



Jan Albus & Ana Stephan

Frankfurt am Main, den 22. Juli 2024

ÖKO
AKTIONS
PLAN.

Gefördert durch den Öko-Aktionsplan des Hessischen
Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau,
Forsten, Jagd und Heimat

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	2
Zusammenfassung	4
1. Einleitung.....	5
2. Material und Methoden	6
3. Potenzielle Verwertungs- und Vermarktungsmöglichkeiten von Pelletprodukten aus landwirtschaftlichen Halmgütern.....	7
3.1 Allgemeine Eigenschaften von Pellets	7
3.2 Verfütterung	7
3.3 Einstreu.....	8
3.4 Pelletnutzung zur Energiegewinnung	9
3.4.1 Verbrennung halmgutbasierter Pellets.....	9
3.4.2 Biogasvergärung von Strohpellets.....	10
3.5 Düngung	11
3.6 Darstellungen konkreter Vermarktungsmöglichkeiten.....	12
4. Pelletiertechnik	14
4.1 Auswirkung der Qualität der Rohware auf die Pelletprodukte.....	14
4.2 Mobile Pelletierung nach Feldtrocknung.....	14
4.3 Stationäre/ Halbstationäre Pelletierung nach Feldtrocknung	16
4.4 Stationäre Pelletierung nach Heißlufttrocknung	16
5. Ist ein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb in der Rhein-Main-Region möglich?	17
5.1 Rentabilitätsanalyse	17
5.1.1 Was wurde betrachtet und welche Annahmen wurden getroffen?	18
5.1.2 Wie hoch sind die Produktionskosten im Vergleich zur Lohnpelletierung?	21
5.1.3 Zu welchen Preisen müssen die Pellets mindestens verkauft werden, um die entstandenen Kosten zu decken?	23
5.1.4 Wie ändert sich das durchschnittliche jährliche Betriebseinkommen bei einer Investition unter den getroffenen Annahmen?	24
5.2 Angebot an Rohware und Nachfrage nach Pellets in der Rhein-Main-Region ...	27
5.2.1 Ergebnisse einer Betriebsbefragung.....	27
5.2.2 Ergebnisse einer orientierenden Hochrechnung	29
5.3 Organisationsformen von Unternehmen	33
5.3.1 Grundlegendes zu Organisationsformen.....	33
5.3.2 Vergleich der Organisationsformen.....	33
5.4 Fördermöglichkeiten für Pelletieranlagen.....	36
5.4.1 Agrarinvestitions-Förderungsprogramm (AFP).....	37
5.4.2 Förderung von Investitionen zur Diversifizierung (FID).....	38
5.4.3 Förderung der Marktstrukturverbesserung	39
5.4.4 Rentenbank Programm „Wachstum“	40
5.4.5 Rentenbank Programm „Nachhaltigkeit“	42
5.4.6 ERP-Gründerkredit-StartGeld (KfW).....	43
6. Fazit.....	44
Literaturverzeichnis	46

Anhang	51
--------------	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5: Beispielhafte Darstellung einer Wertschöpfungskette "Pellets"	12
Abbildung 2: Verfahrenskette der Pelletierung von Halmgütern nach Heißlufttrocknung am Beispiel der Trocknungsgesellschaft Ostrachtal e. G. (o. J.)(eigene Darstellung)	17
Abbildung 3: Antworten auf die Frage: Haben Sie bereits eigene Aufwüchse pelletiert bzw. pelletieren lassen? (N=34)	28
Abbildung 4: Antwort auf die Frage: Können Sie sich vorstellen als Einzelbetrieb oder gemeinsam mit anderen Betrieben in eine Pelletieranlage zu investieren? (N=34, Doppelnennungen möglich)	28
Abbildung 5: Systematik der Rechtsformen in Deutschland (eigene Darstellung nach Mußhoff & Hirschauer 2016).....	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der Produktpalette sowie der Vermarktungswege unterschiedlicher Pellethersteller in der Region Rhein-Main und angrenzend	13
Tabelle 2: Technische Daten zu Krone Premos 5000 und MELITRON560 (Maschinenfabrik Bernard KRONE GmbH & Co. KG 2023; Metitron GmbH 2021).....	15
Tabelle 3: Betrachtete Anlagenkonfigurationen	18
Tabelle 4: Technische Anlagendaten und angenommene Anschaffungspreise für Komplettanlagen inkl. Montage und Inbetriebnahme.....	19
Tabelle 5: Annahmen in der Investitionsrechnung zum eingesetzten Fremdkapital (100 % des Anschaffungspreises), zur Anlagennutzung, zum Strompreis und zum Stundenlohn der Festangestellten	20
Tabelle 6: Orientierungspreise für Heu-, Luzerneheu-, und Strohpellets.	21
Tabelle 7: Produktionskosten für Pellets aus Heu, Luzerne oder Stroh in Abhängigkeit der Anlagenauslastung und der betrachteten Anlage und Vergleich mit Kosten der Lohnpelletierung bei einem Anlagenbetreiber in der südlichen Rhein-Main-Region (inkl. Transportkosten des Rohmaterials zur Anlage und Rücktransport der Pellets)	23
Tabelle 8: Ermittelte Mindestverkaufspreise (= Produktionskosten + Rohwarenkosten + Vermarktungskosten) für Grünlandheu-, Luzerneheu und Strohpellets in Abhängigkeit der Anlagenauslastung und der betrachteten Anlage und Vergleich mit Marktpreisen.....	24
Tabelle 9: Szenario «Niedrigpreise»: Leistungs-Kosten-Differenzen [€/Jahr] in Abhängigkeit der Anlagenauslastung, der betrachteten Anlage und des Rohwarenmixes bei Annahme von Verkaufspreisen des günstigsten betrachteten Anbieters.....	25
Tabelle 10: Szenario «Durchschnittspreise»: Leistungs-Kosten-Differenzen [€/Jahr] in Abhängigkeit der Anlagenauslastung, der betrachteten Anlage und des Rohwarenmixes bei Annahme von Verkaufspreisen des Durchschnitts von vier betrachteten Anbietern..	26

Tabelle 11: Szenario «Niedrigpreise + Förderung»: Leistungs-Kosten-Differenzen [€/Jahr] in Abhängigkeit der Anlagenauslastung, der betrachteten Anlage und des Rohwarenmixes bei Annahme einer Förderung von 20 % bezogen auf den Anschaffungspreis der Anlage und von Verkaufspreisen des günstigsten betrachteten Anbieters	27
Tabelle 12: Ergebnisse der Befragung zum Angebot an Rohware* für die Pelletierung zur Eigennutzung und zum Verkauf der daraus hergestellten Pellets, sowie Nachfrage nach Pellets**. (N=34)	29
Tabelle 13: Anzahl Einhufer (Stand 2020, gesamt und ökologisch gehalten) (Hessisches Statistisches Landesamt 2021, S. 14–17) und berechnete theoretische Einstreu- und Fütterungspotenziale, sowie theoretische Weizen- und Gerstenstroh- sowie Wiesenheu-Erntemengenpotenziale gesamt und aus ökologischer Erzeugung.....	31
Tabelle 14: Charakteristika unterschiedlicher Rechtsformen, die für den Betrieb einer Pelletieranlage in Frage kommen (nach Mußhoff und Hirschauer (2016) und Wesche und Wolff (2020)).....	36

Zusammenfassung

Ob bzw. unter welchen Bedingungen eine Pelletierung von Klee, Luzerne, Gras und Stroh für landwirtschaftliche Betriebe wirtschaftlich sinnvoll sein kann, untersuchte das Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL) im Auftrag der Ökomodell-Region Rhein-Main. Finanziert wurde das Projekt aus dem Öko-Aktionsplan des Hessischen Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat. Die Analyse dient dem Zweck, Akteur*innen in der Region bei der Entscheidung für bzw. gegen die Investition in eine Pelletieranlage zu unterstützen.

Klee, Luzerne, Gras, Stroh sowie weitere landwirtschaftliche Rohstoffe sind in pelletierter Form für zahlreiche Zwecke einsetzbar. Nachgefragt werden in der Rhein-Main-Region aktuell v.a. Strohpellets als Einstreumaterial für Pferde und Geflügel sowie Heupellets zur Fütterung v.a. an Pferde (Kraft 2024; Staehr 2023). Außerdem können Strohpellets zur Energiegewinnung mittels Verbrennung oder in der Biogaserzeugung eingesetzt werden. Klee- und Luzernepellets eignen sich darüber hinaus zur Düngung, insbesondere im Gemüsebau.

In der Rentabilitätsanalyse wurden Anlagen des Herstellers Himmel (Produktionsleistung ca. 1t Halmgüter/h) und der Hersteller Ekokraft und Löttner (Produktionsleistung je ca. 0,3 t Halmgüter/h) verglichen. Unter den getroffenen Annahmen und bei ausreichender Anlagenauslastung könnten alle Anlagen konkurrenzfähig bzw. nahezu konkurrenzfähig zu einer im südlichen Rhein-Main-Gebiet bereits vorhandenen Lohnpelletierung betrieben werden. **Die Produktionskosten liegen unter den getroffenen Annahmen und bei einer Auslastung von 2.000 h/ Jahr, je nach Anlage, bei 120-187 €/t Pellets im BigBag.** Grundsätzlich bestimmt die zur Verfügung stehende Menge und Qualität an Rohware, sowie die absetzbare Menge an Pellets die erzielbare Anlagenauslastung. Diese ist, zusammen mit den erzielbaren Pelletpreisen am Markt (hier gibt es eine sehr weite Spanne zwischen den günstigsten und den teuersten Anbieter*innen) von entscheidender Bedeutung für die Rentabilität der Anlage.

Die verglichenen Anlagen bieten dabei das Potenzial, rentabel betrieben zu werden. Die Anlagen von Löttner und Ekokraft scheinen insbesondere geeignet, wenn hauptsächlich eigene Aufwüchse pelletiert werden sollen. Hingegen bedarf die **Himmel-Anlage** zur genügenden Auslastung i.d.R. des Zukaufs oder der Lohnpelletierung von Aufwüchsen. Alle Anlagen können mit «geringfügigen» Anpassungen einzelner Anlagenkomponenten um zusätzliche Pelletpressen erweitert werden, um die Produktionsleistung zu erhöhen.

Durch den Austausch von Pelletier-Matrizen und gegebenenfalls weiteren Anpassungen (je nach Material) ist eine Pelletierung zahlreicher weiterer Materialien neben Stroh und Heu mit allen drei Anlagen möglich. Außerdem kann sich die Wirtschaftlichkeit verbessern, wenn die Investition in eine Anlage (in Teilen) gefördert wird.

Die Ergebnisse der Rentabilitätsanalyse stellen nur eine Orientierung dar, die von betriebsindividuellen Konstellationen abweichen wird. Vor einer Investitionsentscheidung sind die **Marktfaktoren** (Rohwareangebot, Nachfrage nach Pellets, etc.) und **weitere betriebliche Faktoren** (Vorhandensein eines geeigneten Gebäudes, Verfügbarkeit von Arbeitskräften, etc.) jedoch **unbedingt betriebs- bzw. standortindividuell zu bewerten.**

I. Einleitung

Pflanzliche Aufwüchse sind nicht immer einfach zu vermarkten oder sinnvoll zu nutzen. Gleichzeitig ist das Interesse an regionalen und proteinreichen Futterkomponenten groß. Aber auch als Einstreu oder Düngemittel können Aufwüchse vermarktet werden. Eine Pelletierung birgt Vorteile für Transport, Lagerung, Vermarktung und in den vielseitigen Nutzungsmöglichkeiten.

Seitens landwirtschaftlicher Betriebe wurde das Interesse an einer Pelletierung von Klee-, Luzernegras, Grünlandschnitt und weiteren Aufwüchsen an die Ökomodellregion Rhein-Main herangetragen.

Die Ökomodellregion (ÖMR) Rhein-Main umfasst die Landkreise Hochtaunus, Main-Taunus und Offenbach sowie die Städte Frankfurt am Main und Offenbach am Main. Die Kreise Wetterau, Main-Kinzig, Darmstadt-Dieburg und Darmstadt, Groß-Gerau, Wiesbaden, Rheingau-Taunus, Limburg-Weilburg und Lahn-Dill grenzen an die ÖMR Rhein-Main an und wurden an ausgewählten Stellen in die Betrachtungen mit einbezogen. Landwirtschaftlich zeichnet sich die ÖMR Rhein-Main durch geringe Tierbestände (0,34 GV/ha), insbesondere geringe Rinderbestände (0,2 Rinder/ha) aus. In 2020 (letzte Vollerhebung im Rahmen der Landwirtschaftszählung) wurden hier knapp 4.000 Schweine (ohne Städte Frankfurt und Offenbach) und knapp 15.000 Hühner (nur Hochtaunuskreis berücksichtigt) gehalten (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2020). Gleichzeitig gibt es viele Grünland- und Klee gras- bzw. Luzernegrasflächen, welche nur teilweise einer Futternutzung durch Wiederkäuer oder Pferde zugeführt werden. Alternative Verwertungsstrategien für entsprechende Aufwüchse stellen die Transferverfahren (Trocknung und) Pelletierung, Kompostierung, Cut- and Carry (Transfermulch) und Silierung (zu Düngungszwecken) dar.

Dabei können Pellets, bei ausreichender Qualität, einen Teil der Eiweißfuttermittel von Monogastriern (insbesondere Schweine und Hühner sowie Pferde), und Wiederkäuern ersetzen (Weindl 2023). Außerdem können Luzerne- oder Kleepellets, insbesondere im privaten und gewerblichen Gemüsebau als Alternativen zu Düngemitteln tierischer Herkunft (bspw. Haarmehlpellets, Hornspäne, etc.) oder Strohpellets als Einstreu in der Pferde- oder Hühnerhaltung eingesetzt werden.

Ob bzw. unter welchen Bedingungen eine Pelletierung für landwirtschaftliche Betriebe wirtschaftlich sinnvoll sein kann, untersuchte das Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL) im Auftrag der Ökomodell-Region Rhein-Main. Finanziert wurde das Projekt aus dem Öko-Aktionsplan des Hessischen Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat. Die Projektergebnisse dienen als Entscheidungsunterstützung für landwirtschaftliche Betriebe zur etwaigen Investition in entsprechende Technik.

2. Material und Methoden

Mittels Literaturrecherche wurde ein Überblick über wesentliche Nutzungsmöglichkeiten von Pelletprodukten aus landwirtschaftlichen Rohstoffen erstellt und grundlegende technische Herausforderungen der Pelletierung und Vermarktung recherchiert.

In einem ersten Workshop mit interessierten Betrieben, Anlagenbetreiber*innen und Teilnehmenden aus Beratung und Futtermittelkontrolle wurde das Projekt vorgestellt, in die Thematik eingeführt und thematische Interessen der Teilnehmenden erfasst.

Daraufhin wurden Interviews mit den Anlagenherstellern Himel, Ekokraft und Löttner geführt. Abgefragt wurden technische und ökonomische Daten ausgewählter Pelletieranlagen für landwirtschaftliche Rohstoffe, insbesondere Halmgüter, sowie Möglichkeiten und Grenzen der Pelletierung hinsichtlich Rohstoffvielfalt und -eigenschaften.

Auf Basis der recherchierten und bei den Anlagenherstellern abgefragten Informationen wurde die Wirtschaftlichkeit der drei betrachteten Anlagen analysiert und miteinander verglichen. Eine detailliertere Beschreibung der Methodik findet sich in Kapitel 5.1.1.

Ausgewählte Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse wurden in einem Online-Workshop mit interessierten Betrieben und einem Anlagenbetreiber diskutiert. Außerdem gab es inhaltliche Beiträge zu Verwendungsmöglichkeiten von Pellets allgemein und zur Beimengung von Weiß- bzw. Rotkleepellets in Futtermitteln für Geflügel.

In einer Online-Befragung mittels LimeSurvey, die sich an Landwirt*innen in Hessen, mit Schwerpunkt Südhessen, richtete, wurde nach deren Interesse und Erfahrungen mit der Pelletierung und Pelletnutzung sowie nach dem potenziellen Angebot an Rohwaren zur Pelletierung und zur potenziellen Nachfrage nach Pellets gefragt. An der Umfrage beteiligten sich 34 Personen. Der Fragebogen findet sich im Anhang.

In einem Abschlussworkshop mit Interessierten wurden die wesentlichen Projektergebnisse vorgestellt. Außerdem gab es einen Beitrag des Landesbetriebes Landwirtschaft Hessen (LLH) zu Fördermöglichkeiten von Pelletieranlagen in Hessen und seitens eines Anlagenbetreibers zum Aufbau einer Vermarktung.

3. Potenzielle Verwertungs- und Vermarktungsmöglichkeiten von Pelletprodukten aus landwirtschaftlichen Halmgütern

3.1 Allgemeine Eigenschaften von Pellets

Grundsätzlich besitzen Pellets im Vergleich zu Ballenware den Vorteil höherer Dichte und damit höherer Transportwürdigkeit. Je nach Technik und Material variieren die Dichten zwischen 0,1-0,14 t/m³ bei Stroh-Quaderballen bzw. 0,14-0,2 t/m³ bei Heuquaderballen (KTBL 2018, S. 762) und 0,45-0,7 t/m³ bei Pellets (LfL 2013, S. 45; Holzhammer und Neumann 2023). Außerdem ist eine Verladung bzw. Förderung mittels herkömmlicher Fördertechnik für Schüttgüter (Elevatoren, Förderbänder, Schnecken, Gebläse) möglich. Dabei sind, abhängig von der spezifischen Technik, maximal förderfähige Pelletdurchmesser zu beachten.

Daneben werden weitere Gründe für die Verwendung von Pellets in den folgenden Unterkapiteln benannt.

3.2 Verfütterung

Pellets eignen sich für die Verfütterung an ein breites Spektrum an Nutztierarten. Im Vergleich zu unpelletiertem Futtermaterial weist die Verfütterung von Pellets einige Vorteile auf (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2024):

- Verbesserung der Futterhygiene und Futtervorlage durch geringere Staubbildung und Keimzahl und hoher Schüttdichte
- Verbesserung der Nährstoffversorgung durch Vermeidung von selektierten Fressverhalten
- Bessere Lagerfähigkeit durch längere Haltbarkeit

Aufgrund der sehr begrenzten Studienlage werden im Folgenden auch Angaben von Futtertrocknungswerken zitiert, deren Richtigkeit nicht abschließend geprüft werden konnte.

Je nach pelletiertem Aufwuchs, Tierart und Pelletierungsverfahren stellen Pellets ein eiweißreiches, rohfaser- und energiereiches Futtermittel dar und sind somit als wertvoller Eiweißlieferant sowie als Ergänzung bzw. Ersatz zum Grund- und Raufutter zu betrachten. So zeigen insbesondere Luzernepellets ein breites Anwendungsspektrum und sind sowohl in der Milchviehfütterung, Schweinemast, Sauenhaltung sowie Lege- und Junghennenhaltung ein ergänzendes Futtermittel zur Steigerung der Eiweiß- und Rohfaserversorgung (Futtertrocknung Kempten e.G. o.J.b). Auch in der Pferdehaltung sind Luzernepellets eine beliebte Komponente im Kraft- und Raufutter (Sitzenstock 2024). In der Schweine-, Geflügel-, Wiederkäuer- und Pferdefütterung sind ebenfalls Gras- bzw. Kleegraspellets als protein- und faserreiches Futtermittel geeignet (Qualitätstrocknung Nordbayern eG 2024a). Heupellets eignen sich hingegen optimal für die strukturreiche und eiweißarme Versorgung von Pferden und Wiederkäuern (Qualitätstrocknung Nordbayern eG 2024b).

Weitere landwirtschaftlichen Produkte zur Fütterung sind beispielsweise:

- Esparsettecobs u.a. für Pferde mit Verdauungsprobleme (Trocknungsgenossenschaft Amberg e.G. o.J.)
- Maiscobs (energiereich, eiweißarm) für Pferde als Grundfuttergänzung (Futtertrocknung Erkheim eG o.J.)
- Körnermaiscobs für Milchkühe (Futtertrocknung Kempten e.G. o. J.a)
- Ackerbohnen, Lupinen (Futtertrocknung Kempten e.G. o. J.a)
- Diverse geschrotete Futtermehle, -schrote (Himmel Maschinen GmbH & Co. KG 2024)

Die Qualitäten der auf dem Markt verfügbaren Futterpellets variieren hinsichtlich des Eiweiß-, Rohfaser- und Energiegehaltes je nach Pelletierungsverfahren, Rohware und Anbieter*in deutlich. Am Markt sind vordergründig heißluftgetrocknete Futterpellets verfügbar. Durch eine Heißlufttrocknung wird ein schonender Konservierungsprozess (Feuchtigkeitsentzug) und ein geringerer Verlust an Nährstoffen und Vitaminen gewährleistet, was zu besseren und stabileren Qualitäten der Futterpellets führt (Qualitätstrocknung Nordbayern eG 2024c). Des Weiteren bleibt durch eine Heißlufttrocknung der Rohproteingehalt erhalten (Weidmann 2024). Weiterhin ist die Qualität der Rohware ein entscheidendes Kriterium für die Qualität der Futterpellets und sollte deshalb möglichst frei von Verunreinigungen sein (Beikraut, Steine, Erde etc.).

Hinweis: Nach Artikel 3 der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 sind Futtermittelunternehmen alle Unternehmen, die an der Erzeugung, Herstellung, Verarbeitung, Lagerung, Beförderung oder dem Vertrieb von Futtermitteln beteiligt sind. Diese Unternehmen sind verpflichtet sich bei der zuständigen Futtermittelüberwachungsbehörde zu registrieren. In Hessen ist die zuständige Behörde das Regierungspräsidium Gießen (Dezernat V 51.3 - Qualitätssicherung für Futtermittel und tierische Erzeugnisse) (Regierungspräsidium Gießen o.J.).

3.3 Einstreu

Nach Aussage mehrerer Pelletieranlagenhersteller und Anlagenbetreiber (EcoKraft AG 2024; Himmel Maschinen GmbH & Co. KG 2024; Löttner Maschinenbau GmbH; Kraft 2024; Staehr 2023) besteht insbesondere von pferdehaltenden Betrieben ein wachsendes Interesse an Strohpellets zur Einstreu. Als Einstreu in der Geflügelhaltung empfiehlt ein nachträgliches Granulieren des Strohs, um die Oberfläche zu vergrößern und damit die einzustreuende Menge zur Bodendeckung zu verringern (Kraft 2024). Die Studienlage zu verschiedenen Effekten des Einstreuens mit Strohpellets verglichen mit dem Einstreuen reinen Strohs kommt zu unterschiedlichen Ergebnissen (Mönki et al. 2021). In einzelnen Studien lagen die Partikel und die Ammoniakkonzentration in der Stallluft bei Strohpellet-Einstreu unter der bei Stroheinstreu (Fleming et al. 2008a, 2008b). Außerdem wiesen Strohpellets eine höhere Wasserbindungskapazität auf als Stroh (Fleming et al. 2008a). Weitere zur Einstreu genutzte Materialien sind beispielsweise Miscanthus, Kleie und Dinkelspelz (EcoKraft AG o. J.a).

Auch pelletiertes Schilf oder Naturschutzflächenaufwüchse können als Einstreu dienen (Futtertrocknung Kempten e.G. o. J.a), allerdings sind insbesondere bei

Naturschutzflächenaufwüchsen das Samenpotenzial allgemein und das potenzielle Vorkommen von Giftpflanzen zu beachten (unbeabsichtigter Fraß durch Tiere).

3.4 Pelletnutzung zur Energiegewinnung

3.4.1 Verbrennung halmgutbasierter Pellets

Pellets aus Halmgütern (Getreidestroh, etc.) eignen sich grundsätzlich aufgrund vergleichbarer Förderfähigkeit zu Holzpellets zur thermischen Verwertung. Bisher ist diese Nutzung vor allem aus zwei Gründen wenig verbreitet.

1. Aus technischer Sicht bergen Pellets aus Halmgütern gegenüber Holzpellets Herausforderungen (FNR 2015, S. 7–10; Bensmann 2006) aufgrund:

- a) Höherer Aschegehalte (Miscanthus ca. 4 %, Getreidestroh ca. 5-6 %, Heu bis zu 9 %) im Vergleich zu Holz (0,5-2 %)
- b) Deutlich geringerer Ascheerweichungstemperaturen (begünstigt Ablagerungen/Schlackebildung)
- c) Erhöhte Chlorgehalte, die unter Bildung von Salzsäure zu Korrosion im Brennraum und Rauchgasbereich führen können.

Aus Verfahrenssicht lassen sich diese Herausforderungen verringern, indem das Stroh über mehrere Tage hinweg Tau und Regen ausgesetzt wird, um Chlor-, Alkali- und Erdalkalimetallgehalte (bspw. Kalium und Calcium) zu verringern. Das bedarf allerdings zusätzlichen Wendens und Schwadens des Strohs zur anschließenden Trocknung vor der Bergung (FNR 2015, S. 6–8).

Technisch können halmgutfähige Brennkessel mit einer Förderschnecke zum Ascheaustrag und beweglichen und wassergekühlten Rosten (um Ascheerweichung zu vermeiden) ausgestattet werden. Die Korrosionsproblematik kann begrenzt werden durch (FNR 2015, S. 10; Bensmann 2006):

- die Verwendung korrosionsarmer/ -freier Materialien im Kontakt mit Rauchgasen (Edelstahlwärmetauscher, Siliziumcarbid für Feuerraumauskleidung)
- bzw. eine Anhebung der Rücklaufemperatur oberhalb 55°C (durch Verbindung des Heißwasservorlaufs mit dem -rücklauf), um die Kondensation von Wasserdampf zu beschränken, der mit Chlor im Rauchgas Salzsäure bilden

2. Aus rechtlicher Sicht setzen emissionsrechtliche Vorgaben der Verbrennung halmgutartiger Brennstoffe enge Grenzen.

Zwar gelten für Kleinf Feuerungsanlagen < 100kW Leistung, Stroh und andere halmgutartigen Biobrennstoffe als Regelbrennstoffe, allerdings ist nach der für diese Anlagengrößen geltenden 1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (1. BImSchV) eine Typenprüfung entsprechender Feuerungsanlagen zur Einhaltung spezifischer Emissionsgrenzwerte für halbgutartige Brennstoffe erforderlich (FNR 2014, S. 75). Der FNR (2015, S. 9) waren, Stand 2015, keine

entsprechenden Anlagen im Leistungsbereich 4-100 kW mit entsprechender Zulassung bekannt.

Für Anlagen im Leistungsbereich 0,1-50 MW gelten die 4. BImSchV und die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) (FNR 2014, S. 130).

3.4.2 Biogasvergärung von Strohpellets

Nach Augustin und Mohrmann (2023) lässt sich, bezogen auf den Biogasertrag eine Tonne Maissilage (35 % TS) durch 0,45 t FM Strohpellets (92 % TS) ersetzen. Strohpellets lieferten im Vergleich zu unpelletiertem Stroh im zugrunde liegenden Versuch rund zehn Prozent höhere Biogaserträge bezogen auf die Frischmasse (HAWK Göttingen und Georg-August-Universität Göttingen 2023, S. 25). Im Vergleich mit Literaturwerten zeigen Knebl et al. (2021, S. 92) um bis zu 60 % höhere Gasausbeuten pelletierten Strohs zu gehäckseltem Stroh.

Der Fugatfaktor (Gärrestvolumen/Gärs substratvolumen) liegt mit 0,38 deutlich unter dem der Maissilage mit 0,76. Entsprechend verringert sich das Gärrestvolumen bezogen auf den Biogasertrag mit zunehmendem Anteil Strohpellets im Substratmix. Gleichzeitig steigt der Trockensubstanzgehalt im Fermenter und damit auch der Rührwiderstand (Eigenstrombedarf) an (Augustin und Mohrmann 2023). Der Einsatzanteil an Strohpellets am Substratmix ist auf Basis des zu erwartenden TS-Gehaltes im Fermenter zu wählen, um ein rührfähiges Substrat zu erhalten. Entsprechend kann der Strohpellet-Anteil bei Co-Substraten mit hohem Wassergehalt und hohem Abbaugrad der organischen Trockensubstanz im Fermenter (v.a. Zuckerrübe) höher ausfallen (HAWK Göttingen und Georg-August-Universität Göttingen 2023, S. 13).

Neben höheren Gasausbeuten ist der große Vorteil von Pellets gegenüber unpelletiertem, gehäckseltem Stroh die höhere Lagerdichte und damit geringeres Lagervolumen, das Ausbleiben von Schwimmschichten im Fermenter und die Möglichkeit des Eintrags in den Fermenter mit Standardtechnik (Augustin und Mohrmann 2023).

Nachteilig zeigt sich der hohe Energiebedarf zur Pelletierung und der in vielen Fällen höhere Gleichgewichtspreis der Strohpellets im Vergleich zu Maissilage auf Basis des Methanpreises. Unter „Normalbedingungen“ mit Maispreisen ab Silo zwischen 35-40 €/t und 5 €/m³ Gärrestausbringkosten wäre auf Basis der Versuchsergebnisse von Augustin und Mohrmann (2023) ein Pelletpreis von etwa 110 €/t konkurrenzfähig. Bei selbst organisierter Pelletierung unter guten Bedingungen (v.a. optimale Strohfeuchtigkeit) und ohne Annahme eines Preisansatzes für das Stroh (da mit Gärsubstrat Nährstoffe zurückgeführt werden) seien entsprechende Pelletpreise realisierbar. Unberücksichtigt sind dabei noch wirtschaftliche Vorteile für ausbleibende Arbeitsvorgänge beim Stroh häckseln als Alternativverfahren und bessere Nährstoffverfügbarkeit im Gärsubstrat gegenüber gehäckseltem und eingearbeitetem Stroh (vgl. auch Knebl et al. 2021). Agrar- und Förderpolitische Rahmenbedingungen (GLÖZ 7: Fruchtwechsel, Vorgaben des EEG zu Anteilen an Maisprodukten und Getreidekorn im Substrat) steigern außerdem die Attraktivität der Strohvergärung. Augustin und Mohrmann (2023) beschreiben als Idealnutzung die kaskadische Nutzung der Verwendung der Strohpellets als Einstreu und anschließende Vergärung des Wirtschaftsdüngers.

Weitere Erkenntnisse aus dem Verbundprojekt „StrohPelGas – Nachhaltiger Einsatz von Strohpellets zur Biogaserzeugung“ finden sich in HAWK Göttingen und Georg-August-Universität Göttingen (2023).

3.5 Düngung

Für die Düngung, insbesondere in Hobbygärten und potenziell auch im Erwerbs-Gemüsebau eignen sich Pellets aus Schafwolle, Luzerne oder Klee.

Einzelne Anlagenbetreiber pelletieren und vermarkten Schafwolle oder bieten die Pelletierung im Lohn an, wobei vor Allem die Zerkleinerung der Wolle vor der Pelletierung technische Herausforderungen birgt. Hier bedarf es anderer Zerkleinerungstechnik als für die Zerkleinerung von Halmgütern (Kraft 2024).

Im Bereich der Pelletierung von Luzerne und Klee zur Düngung hat sich das Unternehmen grünerdüngen GmbH in den vergangenen Jahren eine Vermarktung mit sogenannten KleePura-Pellets aufgebaut. Hier wird die Rohware nach dem Schnitt auf dem Feld leicht angewelkt und daraufhin heißluftgetrocknet. Im Gegensatz zur vollständigen Feldtrocknung liegen dabei die Bröckelverluste der eiweißreichen Blätter geringer (grünerdüngen GmbH 2024).

Düngungsversuche von Kleepellets in Weißkohl lieferten mittlerer Erträge, die unterhalb derer bei Hornspandüngung lagen. Die Kombination schnell verfügbaren Ammoniums und langsam verfügbarer Stickstoffverbindungen, scheint für Gemüse mit langer Anbauphase passend, ebenso eignet sich die Nährstoffzusammensetzung (niedriger Phosphorgehalt) zur Düngung von Gemüsekulturen (Möller 2023, 118, 126)

Daneben ist auch die Nutzung verschiedener Wirtschaftsdünger in Pelletform zur Düngung denkbar. Von Pelletanlagenbetreibenden und Teilnehmenden der Workshops im Projekt wurde hier die Pelletierung von Kompost sowie Pferdemist genannt.

3.6 Darstellungen konkreter Vermarktungsmöglichkeiten

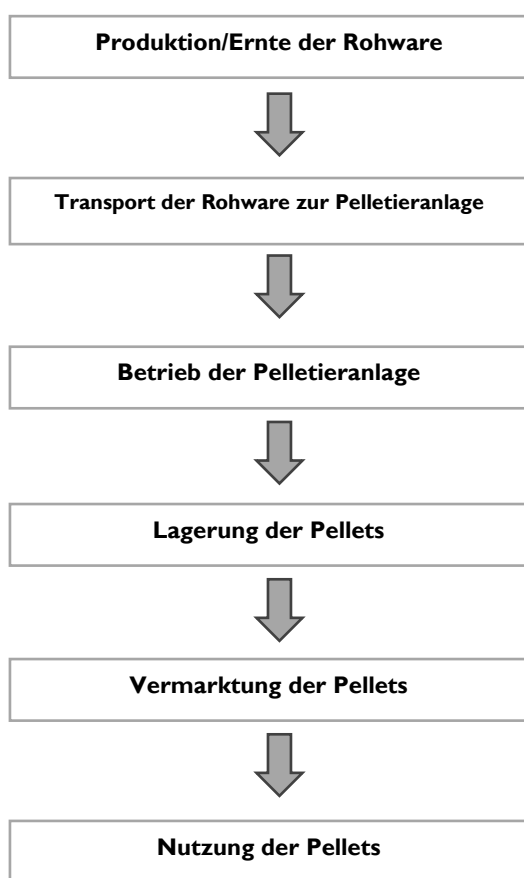


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung einer Wertschöpfungskette "Pellets"

Von der Produktion bis zum Endverbrauch durchlaufen Pellets mehrere Stufen der Wertschöpfungskette, an denen unterschiedliche Akteur*innen beteiligt sind. Die Rohware für die Pellets wird zunächst durch landwirtschaftliche Betriebe auf Acker- oder Grünlandflächen angebaut, geerntet, auf dem Feld getrocknet und geborgen (bei Pelletierung nach Feldtrocknung), woraufhin sie zur Pelletierungsanlage (halbstationär bzw. stationär) transportiert werden muss. Bei feldmobilem Betrieb mit z.B. der Krone Premos 5000 findet die Pelletierung hingegen direkt auf dem Feld statt. In der Pelletierungsanlage wird die Rohware in der Regel zerkleinert, pelletiert, gekühlt und transportwürdig verpackt bzw. bis zum Transport eingelagert. Die Vermarktung der Pellets kann auf unterschiedlichen Wegen erfolgen und ist von den Verwertungsmöglichkeiten der Pellets abhängig (Einstreu vs. Verfütterung, landwirtschaftliche Nutztierhaltung vs. Hobbytierhaltung etc.). Zu den Vermarktungswegen zählen klassische Vertriebsmöglichkeiten wie der Verkauf über den Landhandel sowie Direktvermarktungswege wie Vor-Ort-Verkauf, Telefon- oder E-Mail-Bestellungen oder webbasierte Lösungen wie Onlineshops (mit Verkauf ab Hof oder Lieferung).

In und um die Region Rhein-Main wurden die Vermarktungswege dreier Pellethersteller miteinander verglichen. Hier zeigt sich, dass insbesondere der Verkauf für landwirtschaftliche Zwecke über die Direktvermarktung sowie den Land- und Futtermittelhandel die dominierende Vermarktungsstrategie ist. Ein Hersteller produziert zudem Pellets explizit für Privathaushalte (Haustierhaltung, Düngung) und vermarktet diese über Gärtnereien, Super- und Baumärkte (Tabelle 1).

Tabelle 1: Vergleich der Produktpalette sowie der Vermarktungswege unterschiedlicher Pellethersteller in der Region Rhein-Main und angrenzend

	Produkte	Vermarktungswege
Taunus-Pellets Taunus-Pellets (o. J.)	<ul style="list-style-type: none"> • Düngung (Schafwollpellets) • Einstreu für Nutztierhaltung und Kleintierhaltung (Holz-, Miscanthus-, Strohpellets) • Verfütterung (Heucobs, Heupellets) • Heizen (Holzpellets) 	<ul style="list-style-type: none"> • Direktvermarktung • Land- und Futtermittelhandel • Baumärkte • Gärtnereien • Supermärkte • Tankstellen und Dorfläden
BauerPower BauerPower UG (2023)	<ul style="list-style-type: none"> • Einstreu (Strohpellets) • Verfütterung (Stroh-, Heu-, Luzernepellets, teilweise Körnermais-, Hafer-, Sojapellets) • Heizen (Stroh-, Rapsstrohpellets) 	<ul style="list-style-type: none"> • Direktvermarktung • Land- und Futtermittelhandel
Staehr Lohnunternehmen (Staehr Lohnunternehmen o.J.)	<ul style="list-style-type: none"> • Einstreu (Stroh) • Verfütterung (Heu-, Luzernepellets) 	<ul style="list-style-type: none"> • Direktvermarktung • Land- und Futtermittelhandel

4. Pelletiertechnik

4.1 Auswirkung der Qualität der Rohware auf die Pelletprodukte

Grundsätzlich können drei Verfahrensketten unterschieden werden, die sich zur Pelletierung unterschiedlicher Rohwaren und Erzeugung unterschiedlicher Qualitäten eignen:

- Mobile Pelletierung nach Feldtrocknung
- Stationäre/Halbstationäre Pelletierung nach Feldtrocknung
- Stationäre Pelletierung nach Heißlufttrocknung

Allen Verfahren gemein ist, dass die zu pelletierenden Halmgüter einen Wassergehalt (deutlich) unter 20 % aufweisen sollten. Zu empfehlen sind Restfeuchtegehalte von maximal 15 %, da oberhalb dessen der Energiebedarf stark ansteigt (erhöhte Reibung), die Bindigkeit abnimmt und sich die Lagerfähigkeit verkürzt (Löttner Maschinenbau GmbH; Ekokraft AG 2024).

Auf eine adäquate Lagerung der Rohware (unter Dach oder mindestens mit Flies abgedeckt) ist daher großen Wert zu legen, da die Qualität der Rohware die Qualität der Pellets maßgeblich bestimmt. Bedingt durch die entstehende Wärme und den Druck, entweicht bei der anschließenden Pelletierung Wasserdampf, wodurch Masseverluste (in Form von Wasser) von bis zu 10 % auftreten können (Kraft 2024).

Mineralische Anteile im Rohmaterial (bspw. Mineralboden) erhöhen den Verschleiß der Aggregate und sind, wenn möglich, auf ein Minimum zu reduzieren (Kraft 2024).

4.2 Mobile Pelletierung nach Feldtrocknung

Zur Pelletierung auf dem Acker oder auf Grünland stehen aktuell die gezogene Krone Premos 5000 und der Selbstfahrer METITRON560 auf dem deutschen Markt zur Verfügung. Beide Maschinen können sowohl mobil als auch stationär mit Ballenauflöser betrieben werden.

Bei der mobilen Pelletierung wird der zu pelletierende Aufwuchs gemäht, gewendet, geschwadet und daraufhin pelletiert. Zur Pelletierung von Miscanthus oder Ganzpflanzen mit dem METITRON560 erfolgt die Ernte direkt, ohne Mahd, Wenden und Schwaden.

**Tabelle 2: Technische Daten zu Krone Premos 5000 und MELITRON560
(Maschinenfabrik Bernard KRONE GmbH & Co. KG 2023; Metitron GmbH 2021)**

	Krone Premos 5000	MELITRON560
Masse [t]	17	19,5
Leistungsbedarf/ Leistung [kW]	257	458 (Basis: Claas Jaguar 960 Tier 4)
Maximale Pelletierleistung [t/h] laut Hersteller	5	6
Pelletdurchmesser [mm]	16	8-12
Pelletpresse	Ineinandergreifende Lochmatrizenwalzen	Vorzerkleinerung, Ringmatrize mit doppel-Koller
Bunkervolumen [m ³]	9	3
Befeuchtungssystem	ja	ja
Pelletierbare Erntegüter	Heu, Luzerne, Stroh	Heu, Luzerne, Stroh, Miscanthus, Ganzpflanzen

Berichte aus der Praxis zeigen bei beiden Maschinen weiteren Entwicklungsbedarf. Vom METITRON560 sind keine Praxisberichte (schriftlich, mündlich) bekannt. Er wird deshalb nicht näher betrachtet.

Krone Premos 5000

Das Rohmaterial wird mittels Pickup geborgen, über ein Transportband den Matrizenwalzen zugeführt und durch konische Bohrungen pelletiert. Die Pellets werden im Inneren der Matrizenwalze abgeschert und über eine Schnecke zum Elevator transportiert, der die Pellets nach oben zu einer rotierenden Siebtrommel befördert. Lose Teile fallen auf das darunter liegende Transportband und werden den Matrizen erneut zugeführt. Abgesiebte, bis zu 100°C warme Pellets gelangen über ein weiteres Förderband in den mittels Gebläse belüfteten Bunker. An den Matrizen kann Wasser zur Befeuchtung zu trockenen Materials (erhöht zudem Reibung in Presskanälen) oder Pflanzenöl zur Verringerung der Reibung in den Presskanälen zudosiert werden (Maschinenfabrik Bernard KRONE GmbH & Co. KG 2023).

Insbesondere bei zu feuchtem Ausgangsmaterial (bei Krone > 16 %) zeigen sich deutlich technische Probleme. Dennoch sei eine Pelletierung von Material möglich, dessen Feuchte eine Ballenpressung nicht mehr erlaube.

Christian Staehr (Lohnunternehmer) berichtet von Durchsätzen zwischen drei und vier Tonnen pro Stunde im Stationär- und drei Tonnen im Mobilbetrieb. Nur ein kleiner Teil der Premos 5000 pelletierten auf dem Feld, der Stationärbetrieb dominiere deutlich. Nicht zu unterschätzen sei zudem der Bodendruck durch das Gewicht von rund 40 t eines Gespannes aus Traktor und voll beladener Premos 5000 (Staehr 2023).

4.3 Stationäre/ Halbstationäre Pelletierung nach Feldtrocknung

Nach dem Mähen, Wenden und Schwaden wird die Rohware in Quader- oder Rundballen gepresst und zur Pelletieranlage transportiert. Neben der Premos 5000 (Stationärbetrieb nur mit Quaderballen) und dem METITRON560, stehen unter anderem Anlagen der Firma Himel (stationär oder halbstationär auf LKW-Anhänger), der Firma Ecokraft (stationär oder halbstationär in Containerbauweise) sowie der Firma Löttner zur Verfügung.

Das Spektrum pelletierbarer Rohwaren ist bei den Anlagen von Himel, Ecokraft und Löttner bauartbedingt größer als bei Premos 5000 und METITRON560 (Ecokraft AG o. J.a; Kraft 2024). Das Spektrum der realisierbaren Produktionsleistung (bezogen auf Halmgüter) der angebotenen Anlagen sind bei Himel (0,6-4 t/h (Kraft 2024)) und Ecokraft (0,15-4 t/h (Ecokraft AG o.J.b))vergleichbar. Bei Löttner beträgt sie < 1 t/h (Löttner Maschinenbau GmbH).

Neben klassischen Halmgütern wie Stroh, Heu und Luzerne, lassen sich mit den letztgenannten Anlagen auch Futtermehle, Schafwolle, Gärreste und zahlreiche weitere Materialien pelletieren. Für die Pelletpressen von Himel und Ecokraft sind Matrizen mit 3-14 mm Lochdurchmesser (Ecokraft AG 2024; Himel Maschinen GmbH & Co. KG 2024), für die Pelletpressen von Löttner mit 5-10 mm Lochdurchmesser (Löttner Maschinenbau GmbH) verfügbar, jeweils mit unterschiedlichen Presskanallängen, je nach Rohmaterialeigenschaften und gewünschter Pelletfestigkeit. Mit der Presskanallänge steigt die Reibung des Materials in der Bohrung und damit der Druck auf das Material.

Weitere Informationen zu den oben genannten und in der Wirtschaftlichkeitsanalyse betrachteten Anlagen sind in Kapitel 5.1.1 zu finden.

4.4 Stationäre Pelletierung nach Heißlufttrocknung

Nachfolgende Informationen stammen aus einem Interview mit Sebastian Proske, Geschäftsführer des Bundesfachverbandes landwirtschaftlicher Trocknungswerke Deutschland e.V. (BLTD) (Proske 2023).

Insbesondere in Bayern und Baden-Württemberg sind seit etwa Mitte der 1970er Jahre Trocknungswerke entstanden, die mittels Heißluft (>200°C) unterschiedliche Aufwüchse, insbesondere Grünlandaufwüchse in Trommeltrocknern im Durchlauf trocknen und die getrocknete Ware einer Pelletierung oder Quaderballenpressung zuführen. Diese Verfahrenskette ermöglicht es die Anzahl der Wendevorgänge auf dem Feld zu reduzieren oder unter günstigen Wetterbedingungen ganz darauf zu verzichten und frisch geschnittene Aufwüchse weiterzuverarbeiten. Hierdurch können höhere Qualitäten (insbesondere hinsichtlich Energie- und Rohproteingehalt) erhalten und Bröckel- sowie Feldtrocknungsverluste stark begrenzt werden. Außerdem erhöht die Heißlufttrocknung die Gehalte an UDP (pansenstabiles Rohprotein), welches mit zunehmender Milchleistung an Bedeutung gewinnt.

Abbildung 2 zeigt beispielhaft die Verfahrenskette stationärer Pelletierung nach Heißlufttrocknung.

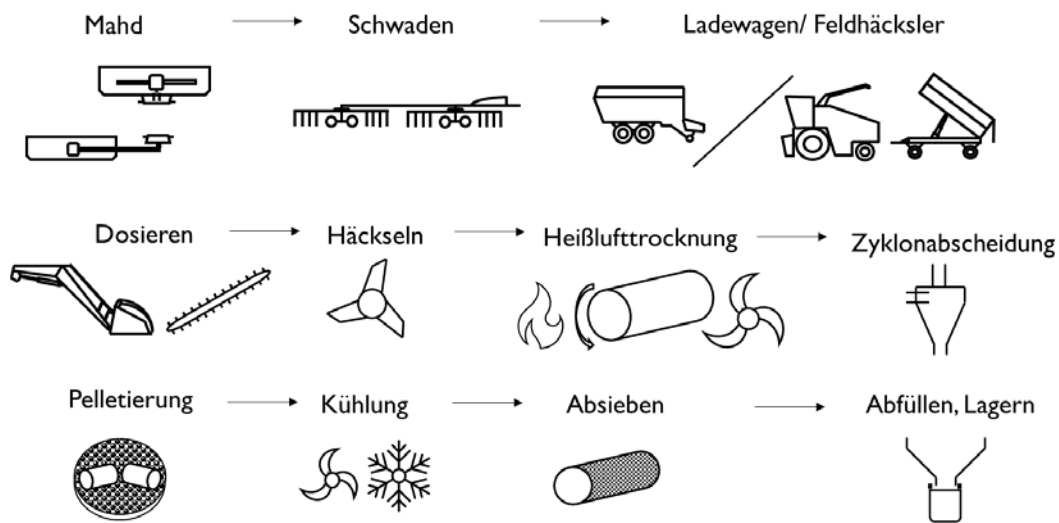


Abbildung 2: Verfahrenskette der Pelletierung von Halmgütern nach Heißlufttrocknung am Beispiel der Trocknungsgesellschaft Ostrachtal e. G. (o. J.)(eigene Darstellung)

Die Trocknungswerke sind überwiegend als Genossenschaften mit 400-500 Mitgliedern organisiert, pelletieren für ihre Mitglieder im Lohn und kaufen zunehmend auch Aufwüchse an und vermarkten diese an den Großhandel (Proske 2023).

5. Ist ein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb in der Rhein-Main-Region möglich?

5.1 Rentabilitätsanalyse

Vorbemerkung:

Bei sämtlichen Angaben zu den verglichenen Anlagen (bspw. Produktionsleistung, Energiebedarf, Anschaffungspreis, etc.) handelt es sich um **Richtwerte** zur Kalkulation, die von der Realität abweichen können. Da es sich bei den weiteren Annahmen für die Planungsrechnung (bspw. Stundenlohn oder Zinssatz) um Durchschnitts-/ Referenzwerte handelt, ist davon auszugehen, dass sich die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung von betriebsindividuellen Ergebnissen unterscheiden. Folglich sind die **Annahmen und Ergebnisse als Orientierung** zu sehen, um zu zeigen unter welchen Umständen eine Pelletierung der betrachteten Halmgüter rentabel sein kann. In Realität kann das Ergebnis entsprechend negativer oder positiver ausfallen.

Alle genannten und verwendeten Preise sind Nettopreise (ohne Umsatzsteuer).

5.1.1 Was wurde betrachtet und welche Annahmen wurden getroffen?

Verglichen wurden drei stationäre Komplettanlagen mit den in Tabelle 3 gelisteten Anlagenkomponenten. Wenn nicht anders angegeben basieren die Aussagen zu den jeweiligen Anlagen auf Interviews, die mit dem jeweiligen Anlagenhersteller geführt wurden (Ecokraft AG 2024; Himel Maschinen GmbH & Co. KG 2024).

Tabelle 3: Betrachtete Anlagenkonfigurationen

Hersteller Ecokraft *	Hersteller Löttner*	Hersteller Himel *
Ballenauflöser (Fa. Schauer, Strohmatic)	Ballenauflöser (Fa. Schauer, Strohmatic)	Ballenauflöser
Rohmaterial-Vorratsbehälter	Rohmaterial-Vorratsbehälter	
Schneidemühle	Hammermühle	Zwei Strohmühlen
Vorratsbehälter	Mischbehälter mit Dosier- und Konditioniereinheit	Vorratsbehälter
Dosieranlage		Dosierschnecke
		Konditionierschnecke (Möglichkeit der Wasserzugabe)
Pelletpresse LP 22 (24 kW) (mit Konditionierung)	Pelletpresse, 15 kW	Pelletpresse (90 kW)
Siebanlage mit Förderband	Förderband, Trommelsieb zum Sieben und Belüften	Vibrationswanne
Transportband mit Ventilator-Kühlsystem		Belüftungssilo mit Austragsförderband
BigBag Gestell Vario 1.5 + Netz-BigBag (Fa. Ecokraft) (Jeweils 10 Stück)	BigBag Gestell Vario 1.5 + Netz-BigBag (Fa. Ecokraft) (Jeweils 10 Stück)	BigBag Gestell Vario 1.5 + Netz-BigBag (Fa. Ecokraft) (Jeweils 10 Stück)
Absackanlage AS 900 V2 (Fa. Ecokraft)	Absackanlage AS 900 V2 (Fa. Ecokraft)	Absackanlage AS 900 V2 (Fa. Ecokraft)
Weitere Anlagenkomponenten:		
Magnetabscheider	Magnetabscheider	Magnetabscheider
Absaug- und Filteranlage		Absaug- und Filteranlage
Zentralschmierung		
Fernwartungs- und Störungsanalysemodul, SMS-Modul zur Meldung		

*abweichende Hersteller von Komponenten sind angegeben

Die drei Anlagen unterscheiden sich insbesondere in der Anlagengröße und in der Produktionsleistung und folglich im Leistungs- und Arbeitskraftbedarf. Details sind der nachfolgenden Tabelle 4 zu entnehmen. Insbesondere die Produktionsleistung von Pellets aus Halmgütern ist sehr stark vom jeweiligen Material (Feuchtigkeit, Zusammensetzung) und den gewünschten Pellet-Eigenschaften abhängig und ist hier nur als (grober) Richtwert zu sehen. Da die einzelnen Anlagenkomponenten bei allen Anlagen räumlich sehr variabel angeordnet werden können, ist für alle Komplettanlagen auch die Realisierung (deutlich) geringerer Stellflächen, insbesondere auch bei Reduktion von Rangier- und Lagerflächen, möglich. In jedem Fall wird ein frostfreier Standort für die Anlagen empfohlen, um auch bei Frosttemperaturen im Außenbereich unter Zugabe von Wasser (bei zu trockener Rohware) im geschützten Innenbereich pelletieren zu können.

Tabelle 4: Technische Anlagendaten und angenommene Anschaffungspreise für Komplettanlagen inkl. Montage und Inbetriebnahme.

Alle Angaben sind Richtwerte, die stark von Materialqualitäten, Erfahrung und individueller Anlagenkonfiguration beeinflusst sind.

Hersteller	Einheit	Ecokraft	Löttner	Himel
Typ		LP22	15kW	90kW
Produktionsleistung Pellets aus Halmgütern	t/h	0,3	0,3	1
Leistungsbedarf, durchschnittlich	kW	45	37	135
Energiebedarf	kWh/t	150	123	135
Reparatur- und Wartungskosten ¹	€/t	12	15	12
Arbeitskraftbedarf Pelletierung	Akh/h	0,25	0,25	0,5
Platzbedarf Komplettanlage inkl. Rangier- und Lagerfläche (Reduktion möglich) ²	m ²	170	155	270
Anschaffungspreis (Netto) gesamt, inkl. Absackanlage	€	378.641	202.139	395.935

¹ Akh/h = Arbeitskraftbedarf in Stunden pro Betriebsstunde der Anlage (für Auflegen der Ballen, Austausch voller Pellet-BigBags, Kontrolle und Anpassung der Maschineneinstellungen, Wartung- und Matritzentausch)

² Berechnung auf Basis der Herstellerangaben zu beispielhaften Aggregatformationen zuzüglich etwa 30 m² Rangierfläche und Lagerfläche für eine Menge an Rohware für und Pellets aus 50 h Anlagenbetrieb (Annahme Flächenbedarf: 1 m²/t Rohware; 0,5 m²/ t Pellets)

Basierend auf den Angaben eines Anlagenbetreibers, der die **Absackanlage** AS 900 V2 (Fa. Ecokraft) einsetzt, wurde angenommen, dass pro Stunde durchschnittlich eine Tonne Pellets in 25 kg Säcke abgefüllt und auf Palletten gestapelt werden kann. Der durchschnittliche **Zeitbedarf für die Vermarktung** (Beratungs- und Verkaufsgespräche, Teilnahme an Messen und Ausstellungen, Lieferung an Wiederverkäufer, Rechnungserstellung, etc.) wird auf 1,75 h/t Pellets geschätzt (Anlagenbetreiber (anonym) 2024). Vereinfacht wurde angenommen, dass dieser Aufwand über die Zeit konstant ist. Es ist jedoch **zu erwarten**, dass er sich mit zunehmender Anzahl an Stammkund*innen und allgemeiner Verbreitung des Wissens über die Anwendung von Pellets **mit der Zeit deutlich reduzieren** wird.

Vereinfacht wurde angenommen, dass die Rohware (Halmgüter) zur Pelletierung durchschnittlich 86 % Trockenmasse enthält und der Trockenmassegehalt durch die Pelletierung um 8 % auf 94 % ansteigt. Entsprechend würden zur Produktion einer Tonne Pellets 1,093 t Rohware benötigt. Das wurde entsprechend in den Rohwaren- und Transportkosten berücksichtigt. Hintergrund ist, dass durch die entstehende Wärme bei der Pelletierung Wasser aus dem Rohmaterial verdampft, wodurch es zu **Masseverlusten** (ausschließlich Wasser) von bis zu 10 % kommen kann (Kraft 2024).

Nicht berücksichtigt wurde hinsichtlich der Produktionsleistung, dass bei gleichbleibender Anlagenkonfiguration **die Produktionsleistung (t/h)** an Heu aus Gras, Luzerne oder Klee oberhalb der Produktionsleistung für Getreidestroh liegt, da der Durchsatz durch die Pelletpresse volumen- und nicht massenabhängig ist, weshalb sich die geringere Dichte des Strohs gegenüber Heu auswirkt (Kraft 2024).

Für die Investitionsrechnung wurden die in Tabelle 5 genannten Annahmen getroffen.

Tabelle 5: Annahmen in der Investitionsrechnung zum eingesetzten Fremdkapital (100 % des Anschaffungspreises), zur Anlagennutzung, zum Strompreis und zum Stundenlohn der Festangestellten

Parameter	Einheit	Wert	Quelle
Nutzungsdauer	Jahre	10	
Restwert	% des Anschaffungswertes	20	KTBL (2022, S. 62)
Faktor für Produktionsleistung der Pelletierung im 1. Jahr im Vergleich zur durchschnittlichen Auslastung	%	70	
Anteil Fremdfinanzierung Pelletieranlage	%	100	
Zinssatz Fremdkapital	%	5,1	Landwirtschaftliche Rentenbank (2024)
Zinsansatz für gebundenes Kapital (Annahme: 3 Monate) in variablen Direkt- und Arbeitserledigungskosten	%	3	(KTBL 2020, S. 276)
Strompreis	€/kWh	0,325	Statistisches Bundesamt (2023)
Stundenlohn Festangestellte/r: AG-Brutto auf produktive Stunde (nach Abzug von Urlaub, Feiertagen, Krankheit)	€/h	24,15	Hiß und Schroers (2024)

Die **Preise für Rohwaren** beziehen sich auf Quaderballen (KTBL 2022, Seiten 251, 424):

- Bodenheu, grasbetont, erster Schnitt, Mitte bis Ende der Blüte: 164 €/t
- Luzerneheu, 1. Schnitt, Beginn der Blüte: 151 €/t
- Stroh: 110 €/t

Bei der Kalkulation der **Transportkosten** wurde angenommen, dass ein Teil des Rohmaterials von nahegelegenen hofeigenen Flächen stammt und ein anderer Teil zugekauft und über längere Strecken transportiert wird. Angenommen wurde eine durchschnittliche Transportentfernung von 15 km vom Feld zur Anlage.

Für die Option keine eigene Anlage zu betreiben, sondern im Lohn pelletieren zu lassen wurde eine größere Entfernung zwischen Feld und Anlage angenommen (30 km). Berücksichtigt wurden variable und fixe Maschinen- und Lohnkosten (Aufladen, Transport und Abladen der Ballen).

Zur Berechnung von **orientierenden Marktpreisen** wurden die Verkaufspreise für Pellets (Stand: Februar 2024) bei Abnahme von Kleinmengen (20-25 kg im Sack) bzw. von Großmengen (750-1000 kg im BigBag oder in Säcken auf Palette) von vier Anbietern von Stroh- und Heupellets recherchiert. Nur einer dieser vier Anbieter vertreibt zudem Luzernepellets. Zwei der betrachteten Anbieter vertreiben Pellets über einen Onlineversand. Die beiden anderen Anbieter vertreiben die Pellets direkt an Endkund*innen oder an Wiederverkäufer*innen in bzw. am Rand der Rhein-Main-Region. Die Mittelwerte der Kleinmengen-Preise wurden als Orientierungspreise für Sackware, die Mittelwerte der Großmengenpreise als Orientierungspreise für Pellets im BigBag verwendet. Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse der Berechnung.

Tabelle 6: Orientierungspreise für Heu-, Luzerneheu-, und Strohpellets. Werte ohne Klammer entsprechen dem Durchschnitt von vier betrachteten Anbietern (außer bei Luzerneheupellets). Werte in Klammern () und Werte für Luzerneheupellets entsprechen den Preisen des günstigsten der vier betrachteten Anbieter.

Produkt	Orientierungspreis Sackware [€/t] (netto)	Orientierungspreis Pellets im BigBag [€/t] (netto)
Heupellets (grasbetont)	580 (471)	535 (418)
Luzerneheupellets	501	448
Strohpellets	439 (332)	358 (278)

Für alle Anlagen wurden **Produktionskosten** und **Mindestverkaufspreise** für Pellets sowie **Leistungskosten-Differenzen** der Anlagen in unterschiedlichen Szenarien berechnet. Dabei wurden diese Zielgrößen jeweils für eine **Auslastung von 1000 Betriebsstunden/ Jahr bzw. 2000 Betriebsstunden/Jahr** berechnet.

Folgende Kosten wurden nicht in die Berechnung obiger Parameter einbezogen:

- Gebäudekosten (für die Unterbringung der Anlage)
- Planungskosten für etwaige Gebäudeneubauten, -umbauten oder -umnutzungen
- Kosten des Netzbetreibers für eine unter Umständen notwendige Erweiterung der verfügbaren elektrischen Leistung (Trafostation, etc.)
- Steuern und Steuerberatung

5.1.2 Wie hoch sind die Produktionskosten im Vergleich zur Lohnpelletierung?

Die Produktionskosten enthalten folgende **variable und fixe Kosten des Anlagenbetriebs**:

- **Maschinen- und Personalkosten des Rohwarentransports**
- Kosten für **Verpackungsmaterial** (BigBags, Papiersäcke)
- Kosten für **Maschinenversicherung**
- **Stromkosten**
- **Reparaturkosten der Komplettanlage**
- Kosten für Diesel, Abschreibung, Reparatur und Unterbringung des **Hofladers inkl. Ballen- und Palettengabel**
- **Zinsansatz für gebundenes Umlaufvermögen** (Annahme: 3 % Zinssatz, Kapital für 3 Monate/ Jahr gebunden)
- Fixe **Lohnkosten** für Anlagenbetrieb inkl. Abfüllung der Pellets
- **Annualisierte Kapitalkosten der Komplettanlage** (kalkuliert nach Mußhoff und Hirschauer (2016, S. 250–253), entspricht angenähert der Summe aus durchschnittlicher Abschreibung und durchschnittlichem Zinsansatz für Komplettanlage, vgl. Annahmen in Tabelle 4 und Tabelle 5)

Nicht berücksichtigt wurden hier:

- Rohwarenkosten
- Vermarktungskosten

Die Produktionskosten wurden als gewichteter Mittelwert der jährlichen Produktionskosten über zehn Jahre Nutzungsdauer, unter Berücksichtigung der im ersten Jahr verringerten Produktionsleistung, berechnet.

Die Produktionskosten liegen bei der Abfüllung in 25 kg-Säcke in allen verglichenen Varianten über denen der Abfüllung in BigBags, da die Abfüllung in 25 kg-Säcke zeitaufwendiger und das Verpackungsmaterial bezogen auf 1 t Pellets teurer ist als für die BigBag-Abfüllung.

Die in Tabelle 7 dargestellten Produktionskosten für die Pelletierung mit der Himel-Anlage und BigBag-Abfüllung liegen mit 120 €/t bzw. 144 €/t deutlich unterhalb der Kosten für die Lohnpelletierung bei einem Anlagenbetreiber in der südlichen Rhein-Main-Region (182 €/t). Der in den Vergleich einbezogene Anlagenbetreiber mit Lohnpelletierung ist gleichzeitig unter den betrachteten Anbietern für Pellets derjenige Anbieter mit den niedrigsten Verkaufspreisen für Pellets (siehe Tabelle 6). Die Produktionskosten für die Pelletierung mit der Ekokraft-Anlage sind bei einer Auslastung mit 2000 h pro Jahr vergleichbar mit den Kosten der Lohnpelletierung, bei halbiertem Auslastung liegen sie allerdings deutlich darüber. Bei der Löttner-Anlage sind die Produktionskosten bei halbiertem Auslastung vergleichbar mit den Kosten der betrachteten Lohnpelletierung, bei Auslastung mit 2000 h pro Jahr liegen sie deutlich darunter. Die Unterschiede zwischen den drei Anlagen resultieren insbesondere daraus, dass die Kapitalkosten der Komplettanlage bezogen auf die Herstellung einer Tonne Pellets bei der Ekokraft-Anlage deutlich über denen der Löttner- und der Himel-Anlage liegen. Denn wie Tabelle 4 zeigt, hat die Ekokraft-Anlage bei deutlich geringerer Produktionsleistung nur einen unwesentlich geringeren Anschaffungspreis als die Himel-Anlage und bei gleicher Produktionsleistung wie die Löttner-Anlage einen deutlich höheren Anschaffungspreis.

Die Produktionskosten pro Tonne Pellets lagen bei Pelletierung mit der Himel-Anlage in den Vergleichsrechnungen um 29-46 % niedriger als bei der Pelletierung mit der Ekokraft-Anlage und 13-22 % niedriger als bei der Pelletierung mit der Löttner-Anlage. Diese Spannweite ist abhängig von der Auslastung (1000 h/ Jahr bzw. 2000 h/Jahr) und von der Abfüllung in BigBags bzw. Papiersäcke. Sollen mit der jeweiligen Anlage hingegen fix 600 t Rohware pro Jahr pelletiert werden, was bei der Ekokraft- und der Löttner Anlage jeweils 2000 Betriebsstunden/ Jahr und bei der Himel-Anlage 600 Betriebsstunden/ Jahr entspricht, liegen die Produktionskosten bei der **Himel-Anlage nur noch rund 4-5 % unter denen der Ekokraft-Anlage und 15-18 % über den Produktionskosten der Löttner-Anlage.**

Tabelle 7: Produktionskosten für Pellets aus Heu, Luzerne oder Stroh in Abhängigkeit der Anlagenauslastung und der betrachteten Anlage und Vergleich mit Kosten der Lohnpelletierung bei einem Anlagenbetreiber in der südlichen Rhein-Main-Region (inkl. Transportkosten des Rohmaterials zur Anlage und Rücktransport der Pellets)

rot = Produktionskosten liegen oberhalb der Kosten der betrachteten Lohnpelletierung

grün = Produktionskosten liegen unterhalb der Kosten der betrachteten Lohnpelletierung

Hersteller/ Lohnpelletierung	Auslastung	BigBag [€/t]	25kg-Sack [€/t]
EcoKraft LP22	1000 h/Jahr = 300 t/Jahr = 75 ha*	265	313
	2000 h/Jahr = 600 t/Jahr = 150 ha*	187	235
Löttner, 15kW	1000 h/Jahr = 300 t/Jahr = 75 ha*	186	234
	2000 h/Jahr = 600 t/Jahr = 150 ha*	144	192
Himmel, 90kW	1000 h/Jahr = 1000 t/Jahr = 250 ha*	144	192
	2000 h/Jahr = 2000 t/Jahr = 500 ha*	120	168
Lohnpelletierung	k.A.	182	229

* bei 4 t/ha Ertrag der Rohware

5.1.3 Zu welchen Preisen müssen die Pellets mindestens verkauft werden, um die entstandenen Kosten zu decken?

Nachfolgend zur Kalkulation der **Produktionskosten** wurde durch **Addition der Rohwaren- und Vermarktungskosten** ermittelt, welche **Mindestverkaufspreise** am Markt erzielt werden müssen, um die Kosten zu decken. Diese wurden zur Einordnung der Preishöhe mit Orientierungspreisen für Pelletprodukte (vgl. Kapitel 5.1.1, Tabelle 6) verglichen.

Die in Tabelle 8 dargestellten Ergebnisse der Berechnung zeigen für die betrachteten Auslastungen, dass Stroh lediglich mit der Himmel-Anlage bei 2000 h-Auslastung pro Jahr annähernd konkurrenzfähig zum günstigsten Anbieter pelletiert werden kann. Bei Grünland- und Luzerneheu produziert die Ekokraft-Anlage bei 1000 h-Auslastung nicht konkurrenzfähig zu den Marktpreisen des günstigsten betrachteten Anbieters. In allen weiteren Variantenrechnungen liegen die Mindestverkaufspreise niedriger als die Marktpreise des günstigsten betrachteten Anbieters.

Tabelle 8: Ermittelte Mindestverkaufspreise (= Produktionskosten + Rohwarenkosten + Vermarktungskosten) für Grünlandheu-, Luzerneheu und Strohpellets in Abhängigkeit der Anlagenauslastung und der betrachteten Anlage und Vergleich mit Marktpreisen.

rot = Mindestverkaufspreise liegen oberhalb der Preise des günstigsten betrachteten Anbieters

grün = Mindestverkaufspreise liegen unterhalb der Preise des günstigsten betrachteten Anbieters

Hersteller/ Produzent	Auslastung	Pellets im BigBag			Pellets im 25 kg-Sack		
		Grünland- Heu [€/t]	Luzerne- Heu [€/t]	Stroh [€/t]	Grünland- Heu [€/t]	Luzerne- Heu [€/t]	Stroh [€/t]
EcoKraft LP22	1000 h/Jahr = 300 t/Jahr = 75 ha*	488	474	428	536	521	476
	2000 h/Jahr = 600 t/Jahr = 150 ha*	410	395	350	458	443	398
Löttner, 15kW	1000 h/Jahr = 300 t/Jahr = 75 ha*	409	395	350	457	443	398
	2000 h/Jahr = 600 t/Jahr = 150 ha*	367	353	308	415	401	356
Himmel, 90kW	1000 h/Jahr = 1000 t/Jahr = 250 ha*	367	353	308	415	401	356
	2000 h/Jahr = 2000 t/Jahr = 500 ha*	343	328	283	391	376	331
Günstigster betrachteter Anbieter	k.A.	418	448	278	471	501	332
Durchschnitt von vier betrachteten Anbietern**	k.A.	535	448	358	580	501	439

* bei 4 t/ha Ertrag der Rohware

** für Luzerneheu lagen nur Preise des günstigsten Anbieters vor. Folglich konnte hier kein Durchschnitt der vier Anbieter genannt werden

5.1.4 Wie ändert sich das durchschnittliche jährliche Betriebseinkommen bei einer Investition unter den getroffenen Annahmen?

Es wurden in drei Szenarien («Niedrigpreise», «Durchschnittspreise», «Niedrigpreise + Förderung») Leistungs-Kosten-Differenzen berechnet, um zu beschreiben, wie sich (für Beispielbetriebe) das durchschnittliche jährliche Betriebseinkommen bei einer Investition unter den getroffenen Annahmen verändert. Diese entsprechen dem annualisierten Kapitalwert nach Mußhoff und Hirschauer (2016, S. 250–253). Als Kosten wurden hier die oben genannten **Produktionskosten** sowie **Rohwaren- und Vermarktungskosten** berücksichtigt.

Verglichen werden in Tabelle 9 und in Tabelle 10 für beide Anlagen (a) ein strohbetonter Rohwarenmix (90 % Stroh, 10 % Grünlandheu, bezogen auf die Masse der pelletierten Rohware) und (b) ein «ausgeglichener» Rohwarenmix (50 % Stroh, 40 % Grünlandheu und 10 % Luzerneheu, bezogen auf die Masse der pelletierten Rohware).

Außerdem wurde angenommen, dass die pelletierte Ware je zur **Hälfte in BigBags bzw. 25 kg-Säcke abgefüllt** wird. Die Abfüllung in BigBags erfolgt automatisch. Die Absackanlage AS 900 V2 dosiert die voreingestellte Menge Pellets in die 25 kg-Säcke (grundsätzlich in 20 g-Schritten wählbar zwischen 400 g und 60 kg), welche daraufhin händisch mit einer Sacknämaschine zugenäht und auf Paletten gestapelt werden müssen.

Szenario «Niedrigpreise»: Unter den oben beschriebenen Annahmen und unter der Annahme, am Markt wären die Preise des günstigsten betrachteten Anbieters (vgl. Tabelle 8) erzielbar, ergeben sich die in Tabelle 9 dargestellten Leistungs-Kosten-Differenzen. Es zeigt sich, dass die Ekokraft-Anlage selbst bei 2000 h/Jahr Auslastung zu diesen Konditionen nicht rentabel betrieben werden kann. Gleiches gilt für die Löttner-Anlage bei 1000 h/Jahr und bei Stroh-betontem Rohwarenmix auch für 2000 h/Jahr sowie bei der Himel-Anlage bei 1000 h/Jahr Auslastung und Stroh-betontem Rohwarenmix. In den weiteren Szenarien ist ein rentabler Betrieb möglich.

Tabelle 9: Szenario «Niedrigpreise»: Leistungs-Kosten-Differenzen [€/Jahr] in Abhängigkeit der Anlagenauslastung, der betrachteten Anlage und des Rohwarenmixes bei Annahme von Verkaufspreisen des günstigsten betrachteten Anbieters

(vgl. Tabelle 6)

rot = Leistungs-Kosten-Differenzen sind negativ, d.h. Investition wäre nicht rentabel

grün = Leistungs-Kosten-Differenzen sind positiv, d.h. Investition wäre rentabel

Hersteller	Auslastung	90% Stroh 10% Grünland-Heu	50% Stroh 40% Grünland-Heu 10% Luzerne-Heu
EcoKraft LP22	1000 h/Jahr = 300 t/Jahr = 75 ha*	-40.634 €	-30.101 €
	2000 h/Jahr = 600 t/Jahr = 150 ha*	-35.727 €	-14.660 €
Löttner, 15kW	1000 h/Jahr = 300 t/Jahr = 75 ha*	-17.725 €	-7.191 €
	2000 h/Jahr = 600 t/Jahr = 150 ha*	-11.136 €	9.930 €
Himel, 90kW	1000 h/Jahr = 1000 t/Jahr = 250 ha*	-18.485 €	16.626 €
	2000 h/Jahr = 2000 t/Jahr = 500 ha*	10.653 €	80.874 €

* bei 4 t/ha Ertrag der Rohware

Szenario «Durchschnittspreise»: Werden höhere Verkaufspreise für Pellets angenommen, steigen die Leistungs-Kosten-Differenzen. Tabelle 10 zeigt die Leistungs-Kosten-Differenzen unter der Annahme am Markt wären die Durchschnittspreise der vier hier betrachteten Anbieter (vgl. Tabelle 8) erzielbar. Hier zeigt sich, dass lediglich die Ekokraft-Anlage bei 1000 h/Jahr Auslastung bei den gegebenen Annahmen nicht rentabel betrieben werden kann, während ein rentabler Anlagenbetrieb in allen weiteren betrachteten Szenarien möglich ist.

Tabelle 10: Szenario «Durchschnittspreise»: Leistungs-Kosten-Differenzen [€/Jahr] in Abhängigkeit der Anlagenauslastung, der betrachteten Anlage und des Rohwarenmixes bei Annahme von Verkaufspreisen des Durchschnitts von vier betrachteten Anbietern

(vgl. Tabelle 6)

rot = Leistungs-Kosten-Differenzen sind negativ, d.h. Investition wäre nicht rentabel

grün = Leistungs-Kosten-Differenzen sind positiv, d.h. Investition wäre rentabel

Hersteller	Auslastung	90% Stroh 10% Grünland-Heu	50% Stroh 40% Grünland-Heu 10% Luzerne-Heu
EcoKraft LP22	1000 h/Jahr = 300 t/Jahr = 75 ha*	-13.066 €	-3.549 €
	2000 h/Jahr = 600 t/Jahr = 150 ha*	19.410 €	38.443 €
Löttner, 15kW	1000 h/Jahr = 300 t/Jahr = 75 ha*	9.844 €	19.360 €
	2000 h/Jahr = 600 t/Jahr = 150 ha*	44.000 €	63.033 €
Himmel, 90kW	1000 h/Jahr = 1000 t/Jahr = 250 ha*	73.410 €	105.132 €
	2000 h/Jahr = 2000 t/Jahr = 500 ha*	194.442 €	257.885 €

* bei 4 t/ha Ertrag der Rohware

Szenario «Niedrigpreise + Förderung»: Werden zwar die Verkaufspreise des günstigsten betrachteten Anbieters angenommen (vgl. Tabelle 9), allerdings eine Förderung von 20 % auf den Anschaffungspreis der Anlage unterstellt (bspw. über das Agrarinvestitionsförderprogramm (AFP), vgl. Kapitel 5.4.1), ergeben sich die in Tabelle 11 dargestellten Leistungs-Kosten-Differenzen. Diese liegen, je nach Anlage und Szenario etwa 5.500 -10.800 € oberhalb derer ohne entsprechende Förderung.

Tabelle 11: Szenario «Niedrigpreise + Förderung»: Leistungs-Kosten-Differenzen [€/Jahr] in Abhängigkeit der Anlagenauslastung, der betrachteten Anlage und des Rohwarenmixes bei Annahme einer Förderung von 20 % bezogen auf den Anschaffungspreis der Anlage und von Verkaufspreisen des günstigsten betrachteten Anbieters (vgl. Tabelle 6)

rot = Leistungs-Kosten-Differenzen sind negativ, d.h. Investition wäre nicht rentabel
grün = Leistungs-Kosten-Differenzen sind positiv, d.h. Investition wäre rentabel

Hersteller	Auslastung	90% Stroh 10% Grünland-Heu	50% Stroh 40% Grünland-Heu 10% Luzerne-Heu
EcoKraft LP22	1000 h/Jahr = 300 t/Jahr = 75 ha*	-30.327 €	-19.794 €
	2000 h/Jahr = 600 t/Jahr = 150 ha*	-25.420 €	-4.354 €
Löttner, 15kW	1000 h/Jahr = 300 t/Jahr = 75 ha*	-12.222 €	-1.689 €
	2000 h/Jahr = 600 t/Jahr = 150 ha*	-5.634 €	15.432 €
Himmel, 90kW	1000 h/Jahr = 1000 t/Jahr = 250 ha*	-7.707 €	27.404 €
	2000 h/Jahr = 2000 t/Jahr = 500 ha*	21.430 €	91.652 €

* bei 4 t/ha Ertrag der Rohware

Unter Annahme der in Kapitel 5.1.1 genannten **Arbeitszeitbedarfe für Pelletierung, Abfüllung und Vermarktung** wären bei einer Auslastung von 2000 Betriebsstunden für die EcoKraft- und für die Löttner-Anlage 1,3 und für die Himmel-Anlage 3,9 Arbeitskräfte (à 40 h/Woche) notwendig, bei halber Auslastung entsprechend die Hälfte. Nach Aussage von Kraft (2024) liegt der tatsächliche Arbeitskraftbedarf bei etablierter Vermarktung deutlich darunter. In der Rentabilitätsanalyse wurden die Personalkosten für die Vermarktung entsprechend tendenziell überschätzt.

5.2 Angebot an Rohware und Nachfrage nach Pellets in der Rhein-Main-Region

5.2.1 Ergebnisse einer Betriebsbefragung

In einer Online-Befragung mittels LimeSurvey, die sich an Landwirt*innen in Hessen, mit Schwerpunkt Südhessen, richtete, wurde nach deren Interesse und Erfahrungen mit der Pelletierung und Pelletnutzung sowie nach dem potenziellen Angebot an Rohwaren zur Pelletierung und der potenziellen Nachfrage nach Pellets gefragt. An der Umfrage beteiligten sich 34 Personen (Regierungsbezirk Darmstadt: 26, Regierungsbezirk Gießen: 3, Regierungsbezirk Kassel: 5). 18 Personen gaben an konventionell zur wirtschaften, 14 ökologisch und zwei machten keine Angabe.

Abbildung 3 zeigt, dass nur ein kleiner Teil der Befragten bereits Rohware hat pelletieren lassen und nur einer der Befragten selbst pelletiert.

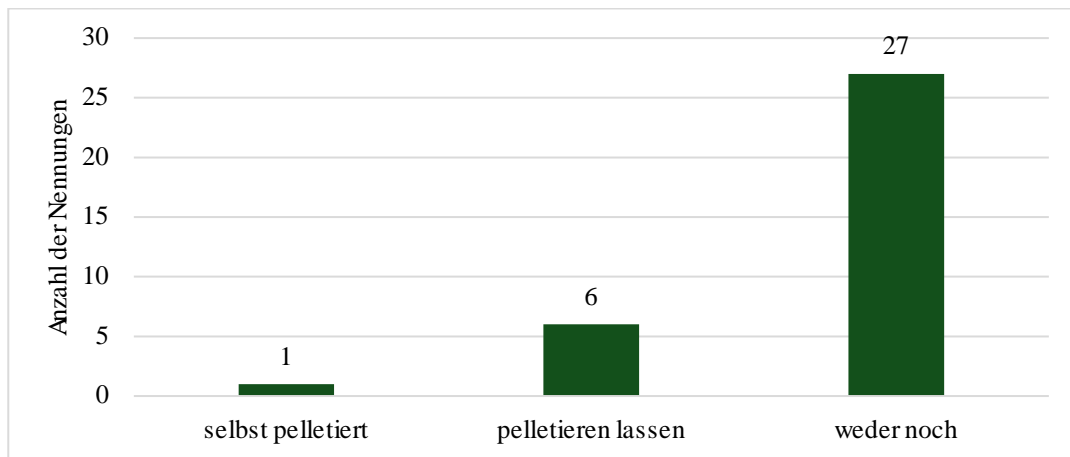


Abbildung 3: Antworten auf die Frage: Haben Sie bereits eigene Aufwüchse pelletiert bzw. pelletieren lassen? (N=34)

Mehr als 50% der Befragten kann sich vorstellen als Betriebsgemeinschaft in eine Anlage zu investieren und knapp 10 % können sich vorstellen als Einzelunternehmen in eine Pelletieranlage zu investieren (Abbildung 4).

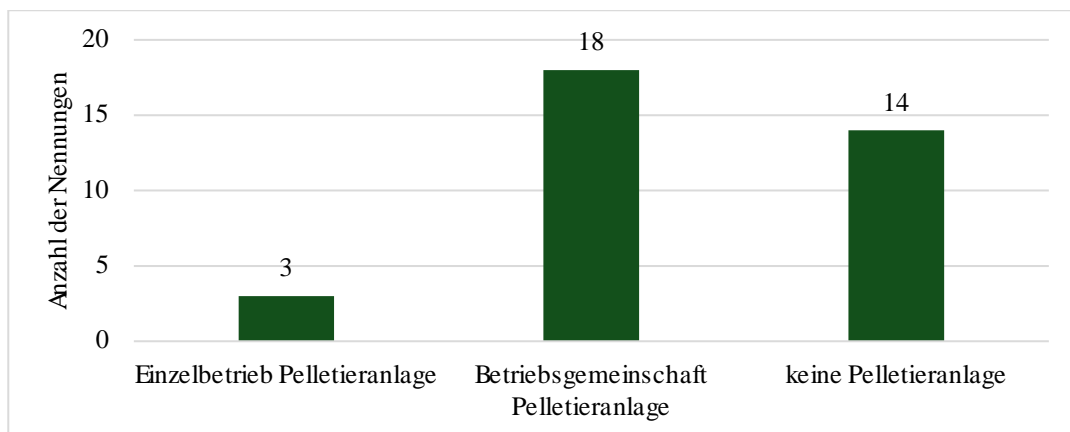


Abbildung 4: Antwort auf die Frage: Können Sie sich vorstellen als Einzelbetrieb oder gemeinsam mit anderen Betrieben in eine Pelletieranlage zu investieren? (N=34, Doppelnennungen möglich)

Zusammengefasst gaben die Befragten an jährlich rund 4.600 Tonnen Rohware zur Eigennutzung bzw. den Hauptteil zum Verkauf der Pellets pelletieren lassen zu wollen oder selbst pelletieren zu wollen. Darunter fallen auch 1.750 Tonnen des Betriebes; der bereits selbst pelletiert. Aufgrund der geringen Teilnehmendenzahl, welche die Realität hinsichtlich des Angebots an Rohware und vor allem hinsichtlich der Nachfrage an Pellets nur unzureichend abbildet, werden die Ergebnisse der Mengenbefragung (Tabelle 12) nur aggregiert über alle Teilnehmenden der Befragung dargestellt. Zwei Einzelfälle verdeutlichen jedoch trotz der geringen Umfragebeteiligung, dass räumlich konzentriert relevante Mengen an Rohware zur Pelletierung vorhanden wären:

- Ein Betrieb, der noch nicht hat pelletieren lassen, möchte 300 t (zum Verkauf) jährlich pelletieren und hat Interesse eine Anlage in Gemeinschaft zu betreiben.
- Ein weiterer Betrieb, der noch nicht hat pelletieren lassen, möchte 661 t (davon 610 t für Eigennutzung, Rest zum Verkauf) jährlich pelletieren und hat ebenfalls Interesse eine Anlage in Gemeinschaft zu betreiben.

Neben den abgefragten Aufwüchsen wurde Interesse an der Pelletierung von Schafwolle, Hanfstroh, Mistkompost und Miscanthus geäußert.

Tabelle 12: Ergebnisse der Befragung zum Angebot an Rohware* für die Pelletierung zur Eigennutzung und zum Verkauf der daraus hergestellten Pellets, sowie Nachfrage nach Pellets. (N=34)**

Material	Eigennutzung				Zum Verkauf				SUMME
	Stroh	Grünland	Luzerne	Kleegras	Stroh	Grünland	Luzerne	Kleegras	
Angebot an Rohware [t/Jahr]	292	255	202	216	2.410	850	250	97	4.572
Nachfrage nach Pellets [t/Jahr]					283	15	110	180	408

* Wieviel Tonnen Stroh, Grünland-Heu, Luzerne-Heu bzw. Kleegras-Heu würden Sie jährlich zur Eigennutzung oder zum Verkauf pelletieren lassen oder selbst pelletieren, wenn Sie für 190€/t (Netto, ohne Umsatzsteuer)) im Lohn oder selbst pelletieren könnten?

** Wieviel Tonnen fertige Pellets aus Stroh, Grünland-Heu, Luzerne-Heu bzw. Kleegras-Heu würden Sie zu den unten genannten Preisen (Netto, ohne Umsatzsteuer: Weizen-/Gerstenstrohpellets: 340€/t, Grünlandheu-Pellets: 400 €/t, Luzerneheu-Pellets/ Kleegrasheu-Pellets: 380 €/t) jährlich zukaufen?

Vor dem Hintergrund, dass sich die Befragung in erster Linie an Betriebe richtete, die an der Pelletierung landwirtschaftlicher Rohwaren interessiert sind und weniger an Betriebe (bspw. Pferdehaltende Betriebe), die Pellets nutzen oder zukünftig nutzen möchten, lässt sich die angegebene geringe Nachfragemenge an Pellets zum Zukauf (Tabelle 12) erklären.

5.2.2 Ergebnisse einer orientierenden Hochrechnung

Neben der Befragung (Kapitel 5.2.1) wurde eine orientierende, vereinfachte Einschätzung theoretischer Nachfragepotenziale von Strohpellets zur Einstreu und Heupellets zur Fütterung in der Pferdehaltung in der Ökomodellregion Rhein-Main und in den umliegenden Landkreisen vorgenommen. Wie in Kapitel 3 beschrieben, gibt es noch zahlreiche weitere Verwertungsmöglichkeiten. Allerdings zeigten die Gespräche mit Anlagenbetreibern und Teilnehmenden der drei Projekt-Workshops, dass aktuell pferdehaltende Betriebe die Hauptnachfrager*innen für entsprechende Pelletprodukte darzustellen scheinen. Deshalb liegt der Fokus hier auf die Nachfrage aus der Pferdehaltung.

Im Rahmen der Landwirtschaftszählung 2020 (Vollerhebung) wurden Bestände an Einhufern (Pferde, Ponys, Esel, Maultiere, weitere Einhufer) auf Landkreisebene erhoben (Hessisches Statistisches Landesamt 2021, S. 11). Da keine spezifischen Daten für Pferde und Ponys verfügbar sind, wurde vereinfacht angenommen, dass Pferde und Ponys den Hauptteil der entsprechenden Tierbestände darstellen.

Aufgrund der sehr begrenzten Datenlage wurden zur Berechnung der theoretischen Potenziale für Einstreu Erfahrungswerte eines Anlagenbetreibers (Kraft 2024) und für die Heupellet-Fütterung eine Fütterungsempfehlung eines Futtermittelhändlers verwendet (Handel Reye o.J.). Angesichts diverser Einstreu- und Fütterungspraktiken auf Betrieben, ermöglichen diese Pauschalisierungen nur eine Näherung an die Realität.

Laut Kraft (2024) liegt der Einstreubedarf mit Strohpellets erfahrungsgemäß bei 1,2-1,5 t/Pferd/Jahr. Werden 1,2 t/Pferd/Jahr angenommen, ergeben sich die in Tabelle 13 ermittelten theoretischen Nachfragepotenziale an Strohpellets, wenn alle Ställe der in der Landwirtschaftszählung erfassten Einhufer mit der entsprechenden Menge an Pellets eingestreut würden.

Analog wurde berechnet welche Menge an Heupellets in den einzelnen Landkreisen abgesetzt werden könnte, wenn alle Einhufer täglich 1 kg Heupellets als Bestandteil in der Futterration vorgelegt bekämen (vgl. Fütterungsempfehlung nach Handel Reye (o.J.): 1-1,5 kg/Tag).

Die Landkreise weisen eine breite Streuung hinsichtlich der Potenziale auf. Dabei liegt das kalkulierte Nachfragepotenzial an Heu- und Strohpellets aus ökologischer Erzeugung je Landkreis bei maximal 926 t/Jahr. Bezogen auf ökologische und konventionelle Erzeugung im Gesamten liegen die ermittelten theoretischen Nachfragepotenziale bei 329 -4.274 t/Jahr. Da bei allen betrachteten Kreisen (nicht kreisfreie Städte) das kalkulierte theoretische Nachfragepotenzial für Heu- und Strohpellets für die Pferdehaltung bei mehr als 1.500 t/Jahr liegt, erscheint eine für einen rentablen Anlagenbetrieb notwendige Auslastung (vgl. Kapitel 5.4.1) zumindest in den Landkreisen möglich. Zu berücksichtigen ist hier, dass in Realität sicher nur ein Teil der Pferdehalter*innen langfristig auf Pelletprodukte umsteigen wird und ein Teil der Nachfrage aktuell schon von wenigen regionalen Pelletieranlagenbetreiber*innen bedient wird. Gleichzeitig existieren jedoch auch weitere Vermarktungswege für Pelletprodukte aus landwirtschaftlichen Rohwaren (vgl. Kapitel 3 und 3.6). Die theoretisch erntbare Menge an Weizen- und Gerstenstroh, sowie Grünlandheu übersteigt die Nachfragepotenziale in jedem der Landkreise sowohl aus konventioneller als auch aus ökologischer Erzeugung um ein Vielfaches. Letztlich bedarf es aber zur Klärung aller Fragen rund um die Investition in eine Pelletieranlage einer betriebsindividuellen Einzelfallprüfung, welche die spezifischen betrieblichen Bedingungen und das betriebliche Umfeld analysiert.

Tabelle 13: Anzahl Einhufer (Stand 2020, gesamt und ökologisch gehalten) (Hessisches Statistisches Landesamt 2021, S. 14–17) und berechnete theoretische Einstreu- und Fütterungspotenziale, sowie theoretische Weizen- und Gerstenstroh- sowie Wiesenheu-Erntemengenpotenziale gesamt und aus ökologischer Erzeugung

k. A.: Fehlwert in der Agrarstatistik

Weiß hinterlegt: Landkreise/ kreisfreie Städte in der Ökomodellregion Rhein-Main

Grau hinterlegt: an die Ökomodellregion Rhein-Main angrenzende Landkreise/ Kreisfreie Städte

Landkreis/ kreisfreie Stadt	Einhufer	Gesamt				davon ökologische Haltung/ Erzeugung				
		theoret. Einstreupotenzial ¹	theoret. Stroherntepotenzial ³	theoret. Heupellets-potenzial ²	theoret. Heuerntepotenzial ⁴	Einhufer	theoret. Einstreupotenzial ¹	theoret. Stroherntepotenzial ³	theoret. Heupellets-potenzial ²	theoret. Heuerntepotenzial ⁴
Einheit	Anzahl	t/Jahr	t	t/Jahr	t	Anzahl	t/Jahr	t	t/Jahr	t
Frankfurt am Main, kreisfreie Stadt	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	1.871	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Offenbach am Main, kreisfreie Stadt	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	235	0	0	k. A.	0	k. A.
Hochtaunuskreis	1.756	2.107	14.842	641	11.712	52	62	k. A.	19	1.166
Main-Taunus-Kreis	970	1.164	11.490	354	6.021	k. A.	k. A.	120	k. A.	485
Offenbach, Landkreis	968	1.162	4.263	353	8.507	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Darmstadt, kreisfreie Stadt	210	252	k. A.	77	1.584	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Wiesbaden, kreisfreie Stadt	434	521	7.112	158	3.920	107	128	543	39	k. A.
Darmstadt-Dieburg, Landkreis	2.140	2.568	28.390	781	16.041	83	100	359	30	677
Groß-Gerau, Landkreis	1.036	1.243	22.441	378	8.169	k. A.	k. A.	273	k. A.	185
Main-Kinzig-Kreis	2.731	3.277	34.696	997	59.944	485	582	1.083	177	7.659
Rheingau-Taunus-Kreis	1.760	2.112	22.881	642	15.219	168	202	k. A.	61	1.658
Wetteraukreis	2.306	2.767	77.797	842	35.325	301	361	1.251	110	k. A.
Lahn-Dill-Kreis	1.434	1.721	12.911	523	35.626	592	710	1.174	216	11.318
Limburg-Weilburg, Landkreis	1.298	1.558	40.677	474	30.921	231	277	1.010	84	3.204

¹ Annahme: 1,2 t Strohpellets/Pferd/ Jahr (vgl. Kraft (2024))

² Annahme: 1 kg/ Pferd/ Tag (vgl. Handel Reye (o.J.))

³ Annahmen: Weizen- bzw. Gerstenflächen 2020 nach Hessisches Statistisches Landesamt (2022); Strohertrag (nach Abzug von Feld- und Lagerverlusten) gesamt 4 t/ha (Weizen), 3 t/ha (Gerste); ökologisch: gemäß KTBL (2020, 213 f.) jeweils die Hälfte; Berechnung Strohertrag über Mittelwert der Weizen- bzw. Gerstenerträge 2019-2022 in Regierungsbezirken Gießen und Darmstadt (Statistische Ämter des Bundes und der Länder o.J.), multipliziert mit Korn-Strohverhältnissen (Weizen: 0,8; Gerste: 0,7) nach KTBL (2020, S. 225), abzüglich mittlere Feld- und Lagerverluste (25 % bzw. 8 %) nach Zeller et al. (2012, S. 67–69).

⁴ Annahmen: Wiesenflächen 2020 nach Hessisches Statistisches Landesamt (2022); Heuertrag (nach Abzug von Feld- und Lagerverlusten) gesamt 4,7 t/ha; ökologisch: gemäß KTBL (2020, 216) 79 % des konventionellen Ertrags; Berechnung Heuertrag über Mittelwert Wiesenerträge 2019-2022 in Regierungsbezirken Gießen und Darmstadt Hessisches Statistisches Landesamt (2023), abzüglich mittlere Feld- und Lagerverluste (15 % bzw. 7,5 %) nach KTBL (2020, S. 219)

5.3 Organisationsformen von Unternehmen

5.3.1 Grundlegendes zu Organisationsformen

Die Investition in eine Pelletieranlage kann grundsätzlich auf drei Wegen erfolgen:

- Ein landwirtschaftliches Unternehmen kauft und betreibt die Anlage eigenständig.
- Alternativ gründet das landwirtschaftliche Unternehmen für den Betrieb der Anlage eine vom landwirtschaftlichen Unternehmen getrennte Gesellschaft z.B. GmbH.
- Mehrere landwirtschaftliche Betriebe erwerben und betreiben die Anlage als Gemeinschaft.

Die Frage der Organisationsform spielt in diesen skizzierten Szenarien eine relevante Rolle. Sie entscheidet sowohl über die rechtlichen Beziehungen gegenüber Dritten als auch über die innere Ordnung des Unternehmens, indem sie die steuerlichen Verpflichtungen des Unternehmens, die Beziehung zwischen den verschiedenen Kapitalgebern, die Entscheidungskompetenzen und die Haftung festlegt (Mußhoff und Hirschauer 2016, S. 21). Ein Unternehmer bzw. eine Unternehmerin kann die Rechtsform grundsätzlich frei wählen, wobei zulässige Rechtsformen vom Gesetzgeber abschließend geregelt sind (Typenzwang). Durch das Gesellschafts- und Handelsrecht werden den Existenzgründer*innen jedoch vielfältige Gestaltungsspielräume eingeräumt zur Anpassung der vorgesehenen Rechtsform an individuelle Bedürfnisse (Wesche und Wolff 2020, S. 7).

Letztlich ist zu betonen, dass sich für die Wahl der Rechtsform keine eindeutigen Empfehlungen aussprechen lassen, da jegliche Rechtsform mit Vor- und Nachteilen verbunden ist und diese in Anbetracht der eigenen Situation und Zielsetzung gegeneinander abgewogen werden müssen (Mußhoff und Hirschauer 2016, S. 22). Vor der Entscheidung sind demnach eine Einzelfallprüfung und eine professionelle Beratung wichtige Voraussetzungen.

5.3.2 Vergleich der Organisationsformen

Die häufigste Organisationsform bei landwirtschaftlichen Betrieben ist das Einzelunternehmen (Statistisches Bundesamt 2024). Hierbei handelt es sich gegenüber dem Gesetzgeber um eine Natürliche Person, die als Unternehmer*in Gewinn durch einen Geschäftsbetrieb erzielen will und mit dem Betriebs- und Privatvermögen für das Unternehmen haftet. Zu den Natürlichen Personen zählen auch Personengesellschaften wie die **Gesellschaft bürgerlichen Rechts (GbR)**, die Vereinigungen von mehreren Natürlichen Personen darstellen und mit der Gründung der Gesellschaft einen gemeinsamen Zweck verfolgen (Wesche und Wolff 2020, S. 11). Gesellschafter können jedoch auch weitere Personengesellschaften oder Juristische Personen sein (Huber und Rinnert 2019, S. 5).

Dem gegenüber stehen Organisationsformen auf Basis von Juristischen Personen, d.h. Zusammenschlüssen von mehreren Natürlichen oder Juristischen Personen, die entweder als „öffentlich-rechtliche Körperschaften“ (z.B. Bund, Länder, Universitäten) oder als „privat-rechtliche Körperschaften“ unterteilt werden. Zu den privat-rechtlichen Körperschaften zählen u.a. **Eingetragene Genossenschaften (eG)** oder

Kapitalgesellschaften wie die **Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH)**. Wesentliches Merkmal dieser Rechtsformen ist, dass die Juristische Person gegenüber Dritten nur mit ihrem Eigenkapital haftet. Die eigene Haftung bleibt somit beschränkt (Mußhoff und Hirschauer 2016, S. 21–22).

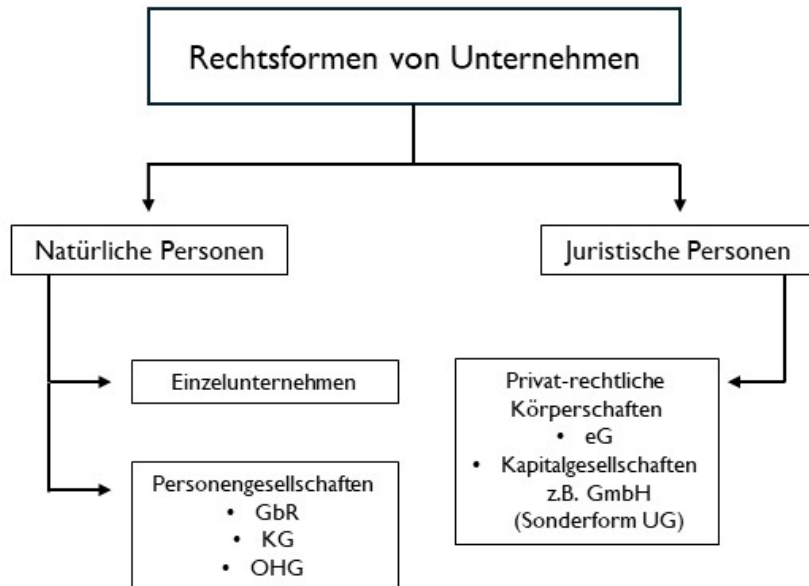


Abbildung 5: Systematik der Rechtsformen in Deutschland (eigene Darstellung nach Mußhoff & Hirschauer 2016)

Grundsätzlich lässt sich ableiten, dass

- 1) Personengesellschaften wie eine GbR dann von Interesse sind, wenn
 - «die Gesellschafter das Unternehmen führen und gleichzeitig in Teilbereichen mitarbeiten wollen,
 - sie für die Schulden der Gesellschaft mit ihrem gesamten Vermögen einzustehen bereit sind
 - die Verbindung zwischen den Gesellschaftern auf der Basis einer vertrauensvollen Zusammenarbeit auf Dauer angelegt ist,
 - die Zahl der Gesellschafter nicht zu groß und kein häufiger Gesellschafterwechsel geplant ist,
 - die Grundlage der Kapitalbeschaffung weniger der öffentliche Kapitalmarkt, sondern mehr die persönliche Kreditwürdigkeit ist,
 - weitgehende vertragliche Gestaltungsfreiheit eine essenzielle Vorbedingung einer aussichtsreichen Unternehmensgründung ist,
 - die Gesellschafter in der unmittelbaren Verrechnungsmöglichkeit von Verlust- und Gewinnanteilen einen Vorteil erzielen. Verluste vermindern die persönliche Einkommensteuerschuld und Gewinne unterliegen dem individuellen Steuersatz».
- 2) Kapitalgesellschaften (GmbH) oder eingetragene Genossenschaften (eG) dann vorzuziehen sind, wenn

- *«deren Geschäfte nicht nur durch die Gesellschafter, sondern auch durch Dritte geführt werden sollen,*
- *Zwecke verfolgt werden, die die Zugehörigkeit der Gesellschafter überdauern sollen (Mitgliederwechsel),*
- *die Haftung auf das Gesellschaftsvermögen beschränkt werden soll,*
- *die Beschaffung zusätzlichen Eigenkapitals durch Verkäufe von Gesellschaftsanteilen erwogen wird,*
- *die Veröffentlichung des Jahresabschlusses sowie die mit der Rechtsform verbundenen erhöhten einmaligen und laufenden Kosten nicht hinderlich sind,*
- *die Besteuerung des Einkommens der Gesellschaft mit 15 Prozent Körperschaftsteuer sowie mit Gewerbesteuer, das Teileinkünfteverfahren bei Ausschüttungen an die Gesellschafter und die fehlende Möglichkeit der Verrechnung von Verlusten bei den Anteilseignern (besteht in Einzelunternehmen und Personengesellschaften) nicht als Nachteil angesehen werden.»*
(Wesche und Wolff 2020, S. 59–60)

Neben dem Einzelunternehmen und der GbR als Personengesellschaft, sowie der eG und GmbH als Kapitalgesellschaft, existieren noch weitere Rechtsformen wie die Kommanditgesellschaft oder offene Handelsgesellschaft (KG; OHG; Personengesellschaft) oder der Unternehmergesellschaft (UG; Sonderform der GmbH). Diese Rechtsformen können u.U. für ein gemeinschaftliches Investitionsvorhaben in eine Pelletieranlage ebenfalls sinnvoll sein.

Tabelle 14: Charakteristika unterschiedlicher Rechtsformen, die für den Betrieb einer Pelletieranlage in Frage kommen (nach Mußhoff und Hirschauer (2016) und Wesche und Wolff (2020))

	Einzel- unternehmen	GbR	eG	GmbH
Spezielle gesetzliche Grundlagen	Keine	§705 ff. BGB (GbR)	Genossenschaftsgesetz (GenG)	GmbH-Gesetz (GmbHG)
Gründung	Allein	Mind. 2 Gesellschafter; Formloser Gesellschaftsvertrag empfehlenswert	Mind. 3 Personen; Schriftliches Statut	Notariell beurkundeter Gesellschaftsvertrag
Mindestkapital	Nein	Nein	Nein	25.000 € (Einzahlung mind. 12.500 €)
Haftung	unbeschränkt	unbeschränkt	Vermögen der eG	Gesellschaftsvermögen
Kosten/Formalitäten	Gering	Gering	Umfangreich	Umfangreich
Geschäftsführung	Allein	Alle gemeinsam	Vorstand	Geschäftsführung
Beschlussfassung	Allein	Festlegbar im Gesellschaftsvertrag	Mehrheit nach Köpfen; Ggf. Mehrfachstimmrecht gemäß Satzung	Mehrheit nach Kapitalanteilen
Gewinnverteilung	Keine	Gemäß Gesellschaftsvertrag	Nach Kapitalanteilen oder über die Warenrückvergütung	Nach Kapitalanteilen
Registerpflicht	Nein	Nein	Genossenschaftsregister	Handelsregister

5.4 Fördermöglichkeiten für Pelletieranlagen

Nachfolgend werden ausgewählte Förderprogramme vorgestellt, welche für unterschiedliche Investitionsvorhaben im Bereich Pelletierung und für unterschiedliche Unternehmenskonstellationen geeignet sein können. Die Fördervoraussetzungen und Förderkonditionen unterscheiden sich. Für welche Konstellationen welches Förderprogramm geeignet ist und ob eine Förderung tatsächlich gewährt wird, ist immer im Rahmen einer individuellen Einzelfallprüfung zu untersuchen.

Entscheidend sind dabei die Antworten auf folgende Fragen (Weber 2024):

- «In welchem Bereich ist die Investition geplant (Gewerbe/Landwirtschaft)?
- Dient das Vorhaben einem landwirtschaftlichen Betrieb?
- Werden vorrangig Rohstoffe des eigenen landwirtschaftlichen Betriebes verarbeitet?
- Werden Rohstoffe in erheblichem Maß zugekauft?
- Wird eine Dienstleistung angeboten?
- Wie/an wen erfolgt die Vermarktung?
- Handelt es sich um ein Anhang 1 Produkt [des Vertrages über die Arbeitsweise der EU (AEUV)]? [u.a. zählen Pellets aus Stroh, Luzerne, Heu, Klee als Anhang I Produkte]
- Ggf. baurechtliche Einordnung!»

5.4.1 Agrarinvestitions-Förderungsprogramm (AFP)

Was ist förderfähig?

Förderfähig sind Investitionen u.a. mit dem Ziel der Erhöhung der betrieblichen Wertschöpfung unter besonderer Berücksichtigung der Verbesserung des Verbraucher-, Tier-, Umwelt- und Klimaschutzes. (BMWK o. J.)

Inwieweit Pelletieranlagen letztere Anforderungen berücksichtigen, ist im Einzelfall zu klären.

Wer ist förderfähig?

Gefördert werden landwirtschaftliche Unternehmen, unabhängig ihrer Rechtsform, welche entweder

- «deren Geschäftstätigkeit zu wesentlichen Teilen (mehr als 25 Prozent Umsatzerlöse) darin besteht, durch Bodenbewirtschaftung oder durch mit Bodenbewirtschaftung verbundene Tierhaltung pflanzliche oder tierische Erzeugnisse zu gewinnen und
- die in § 1 Abs. 2 des Gesetzes über die Alterssicherung der Landwirte (ALG) genannte Mindestgröße erreicht oder überschritten wird
- oder das Unternehmen einen landwirtschaftlichen Betrieb bewirtschaftet und unmittelbar kirchliche, gemeinnützige oder mildtätige Zwecke verfolgt.» (HMUKLV 2023, Teil I, Absatz 3)

Investitionen im Rahmen von Zusammenschlüssen mindestens zweier landwirtschaftlicher Betriebe oder weitere Zusammenschlüsse sind förderfähig und können weitere Aufschläge auf die gewährten Zuschüsse erhalten (HMUKLV 2023, Teil I, 5.2.6).

Welche Art der Förderung?

Es wird ein Zuschuss zum Investitionsvolumen geleistet (HMUKLV o.J.b).

Welche Förderhöhe ist möglich?

«Sonstige Investitionen» werden zu 20 % gefördert (HMUKLV o.J.b).

Darüber hinaus können Junglandwirt*innen (zum Zeitpunkt der Antragstellung höchstens 40 Jahre alt, Investition spätestens fünf Jahre nach erster Niederlassung) mit 10 Prozent der zuwendungsfähigen Ausgaben, maximal mit 20.000 € zusätzlich gefördert werden. (HMUKLV o.J.b)

Weitere Konditionen?

Es gilt eine Zweckbindungs- und Verkaufsfrist von 5 Jahren für Maschinen bzw. technische Anlagen und Geräte (BMWK o. J.).

Maschinenhallen sind nicht förderfähig (HMUKLV 2023, Teil I, Absatz 2.4). Ob darunter auch Gebäude fallen, in denen Pelletiertechnik installiert wird, muss im Einzelfall geprüft werden.

5.4.2 Förderung von Investitionen zur Diversifizierung (FID)

Was ist förderfähig?

Gefördert werden Investitionen zur Schaffung und Entwicklung zusätzlicher Einkommensquellen im ländlichen Raum, die die Bedingungen des Art. 73 (Investitionen in die Schaffung und Entwicklung nichtlandwirtschaftlicher Tätigkeiten) der Verordnung (EU) 2021/2115 sowie die Bedingungen der Verordnung (EG) Nr. 1407/2013 (De-minimis-Beihilfen) erfüllen (HMUKLV o.J.a).

Wenn eine Pelletieranlage im Wesentlichen zur Herstellung von Anhang I-Produkten des Vertrages über die Arbeitsweise der EU (AEUV), wie bspw. Stroh- und Heupellets verwendet wird, wird sie voraussichtlich nicht über FID förderfähig sein. Jedoch könnte eine Lagerhalle für Pelletprodukte bzw. Räumlichkeiten zur Vermarktung unter bestimmten Umständen über FID gefördert werden (Weber 2024).

Wer ist förderfähig?

Gefördert werden landwirtschaftliche Unternehmen unabhängig von der Rechtsform, die entweder die Mindestgrößen nach § 1 Abs. 2 des Gesetzes über die Alterssicherung der Landwirte erreichen oder überschreiten und deren Geschäftstätigkeit zu wesentlichen Teilen (mehr als 25 % der Umsatzerlöse) darin besteht, durch Bodenbewirtschaftung oder durch mit Bodenbewirtschaftung verbundene Tierhaltung pflanzliche oder tierische Erzeugnisse zu gewinnen, oder, wenn das Unternehmen einen landwirtschaftlichen Betrieb bewirtschaftet und unmittelbar kirchliche, gemeinnützige oder mildtätige Zwecke verfolgt (HMUKLV o.J.a).

Zusätzlich förderfähig sind Inhaber*innen landwirtschaftlicher Einzelunternehmen, deren Ehe- bzw. Lebenspartner*innen sowie mitarbeitende Familienangehörige, soweit sie in räumlicher Nähe zum landwirtschaftlichen Betrieb erstmalig eine selbstständige Existenz gründen oder entwickeln.

Welche Art der Förderung?

Die Zuwendungen können als Zuschuss gewährt werden. Das Mindestinvestitionsvolumen beträgt 10.000 €.

Welche Förderhöhe ist möglich?

Es kann ein Zuschuss von bis zu 25 % des förderungsfähigen Investitionsvolumens gewährt werden. Der Höchstbetrag der Förderung liegt bei 200.000 €.

Weitere Konditionen?

Bei der FID-Förderung handelt es sich um eine De-minimis-Beihilfe. Der Gesamtwert der einem Unternehmen gewährten De-minimis-Beihilfen darf 200.000 € bezogen auf einen Zeitraum von drei Jahren nicht übersteigen (HMUKLV o.J.a).

5.4.3 Förderung der Marktstrukturverbesserung

Was ist förderfähig?

Förderfähig ist die Investition in die Verarbeitung und Vermarktung landwirtschaftlicher Erzeugnisse zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Zuwendungsempfänger, um zu Erlösvorteilen oder zur Absatzsicherung auf Erzeugerebene beizutragen. Außerdem soll das Vorhaben zur Verbesserung der Ressourceneffizienz (insbesondere von Wasser und Energie) beitragen (BMEL 2022, Abschnitt 3 A, 2.1). Inwieweit letzteres für eine Pelletieranlage gegeben ist, muss im Einzelfall geklärt werden.

Darüber hinaus können Architekten- und Ingenieursleistungen, Baugenehmigungen, Beratungsgebühren, Durchführbarkeitsstudien und Kosten der Vorplanung gefördert werden. Die Aufwendungen müssen im Zusammenhang mit dem Neu- und Ausbau von Kapazitäten einschließlich der technischen Einrichtung bzw. der innerbetrieblichen Rationalisierung durch Umbau bzw. Modernisierung von technischen Anlagen stehen.

Wer ist förderfähig?

Förderfähig sind nach BMEL (2022, Abschnitt 3 A, 2.3):

- a) «Erzeugerzusammenschlüsse,
- b) Unternehmen der Verarbeitung und Vermarktung, deren Tätigkeit sich nicht gleichzeitig auf die Erzeugung landwirtschaftlicher Erzeugnisse bezieht sowie
- c) Unternehmen der Verarbeitung und Vermarktung landwirtschaftlicher Erzeugnisse im Rahmen von Kooperationen und OG oder deren Mitglieder.»

Unternehmen nach b) und c) dürfen maximal 750 Personen beschäftigen und einen Jahresumsatz von 200 Mio. € nicht überschreiten (BMEL 2022, Abschnitt 3 A). Weiterhin darf sich der Zuwendungsempfänger nicht in wirtschaftlichen Schwierigkeiten befinden und unter keiner Auflagenpflicht gegenüber einer Kontrollbehörde (z.B. Veterinärverwaltung) stehen (Weber 2024).

Welche Art der Förderung?

Die Förderung wird als Zuschuss gewährt (BMEL 2022, Abschnitt 3 A, 2.4).

Welche Förderhöhe ist möglich?

Einzelne Unternehmen werden in der Standardförderung mit bis zu 25 % der förderfähigen Aufwendung für Investitionen gefördert, Kooperationen von Betrieben mit bis zu 35 % (BMEL 2022, Abschnitt 3 A, 2.4). Unter bestimmten Voraussetzungen ist eine Erhöhung des Standardfördersatzes möglich. Die maximale Zuschusshöhe beträgt 4,5 Mio. €. Das Mindestinvestitionsvolumen liegt bei 50.000 € (Weber 2024).

Weitere Konditionen?

Eine Förderung wird einzelnen Unternehmen und Kooperationen nur gewährt, *«wenn sie mindestens fünf Jahre lang mindestens 40 % ihrer Aufnahmekapazität an den Erzeugnissen, für die sie gefördert werden, durch Lieferverträge oder Dienstleistungsverträge mit Erzeugerzusammenschlüssen oder einzelnen Erzeugern auslasten.»* (BMEL 2022, Abschnitt 3 A, 2.5).

Außerdem kann die Förderung widerrufen werden, wenn

- *«Bauten und baulichen Anlagen innerhalb eines Zeitraums von zwölf Jahren ab Fertigstellung und*
- *technischen Einrichtungen innerhalb eines Zeitraums von fünf Jahren nach Abschluss des Vorhabens*
- *EDV-Ausstattungen innerhalb eines Zeitraums von drei Jahren jeweils nach Abschluss des Vorhabens*

nicht mehr dem Verwendungszweck entsprechend verwendet werden.» (BMEL 2022, Abschnitt 3 A, 2.6)

Nicht förderfähig sind u.a. gebrauchte Maschinen (BMEL 2022, Abschnitt 3 A, 2.2.3).

Grundsätzlich gilt, dass das Vorhaben nicht vor einer Bewilligung beginnen darf unter Ausnahme von Planungsarbeiten.

Es gilt eine Zweckbindungsfrist von 5 Jahren für Maschinen bzw. technische Anlagen und Geräte, sowie von 12 Jahren für Bauten. Ab einem Förderbeitrag von 200.000 € sind für die Dauer der Zweckbindungsfrist Sicherungsleistungen in Höhe des Förderbetrages nachzuweisen.

5.4.4 Rentenbank Programm „Wachstum“

Was ist förderfähig?

Förderfähig sind verschiedene Investitionen in der Landwirtschaft, im Garten- und Weinbau (Primärproduktion), die die Verbesserung der Gesamtleistung der Unternehmen insbesondere durch Senkung der Produktionskosten oder Verbesserung und Umstellung

der Produktion dienen. Dazu zählen u.a. die Errichtung, der Erwerb und die Modernisierung von technischen und baulichen Anlagen (z.B. Weinpresse, Melk- und Fütterungstechnik, Hallen) sowie allgemeine Aufwendungen im Zusammenhang mit den genannten Investitionen z.B. Beratungsleistungen, Baunebenkosten oder Durchführbarkeitsstudien. Darüber hinaus werden Investitionen von Primärproduzenten in die Verarbeitung und Vermarktung landwirtschaftlicher Produkte gefördert (Landwirtschaftliche Rentenbank o. J.).

Wer ist förderfähig?

Die Förderung zielt auf Unternehmen aus der Primärproduktion (Landwirtschaft, Garten- und Weinbau) ab, die die KMU-Kriterien im Sinne der EU-Definition erfüllen (weniger als 250 Beschäftigte; Jahresumsatz höchstens 50 Mio. € oder Jahresbilanzsumme höchstens 43 Mio. €). Alle Rechtsformen sowie steuerlichen Einkunftsarten sind förderfähig. Sollten die KMU-Kriterien nicht erfüllt sein, sind Unternehmen zu beihilfefreien Konditionen antragsberechtigt (Landwirtschaftliche Rentenbank 2023b).

Eine Besonderheit des Förderprogramms gilt für Jungunternehmer*innen in der Primärproduktion:

„Junge Landwirte unter 41 Jahren, die als Einzelunternehmer tätig sind, erhalten einen Zinsbonus und werden zu LR-Top-Konditionen gefördert. Das gleiche gilt auch für Personengesellschaften, deren Gesellschafter ausschließlich natürliche Personen sind, soweit mindestens ein Mitgeschafter die Altersgrenze von 41 Jahren noch nicht erreicht hat. Wenn der Kreditnehmer eine Besitzgesellschaft ist, muss der Junglandwirt sowohl in der Besitz- als auch in der Betreibergesellschaft Mitgeschafter sein.“ (Landwirtschaftliche Rentenbank 2023b)

Welche Art der Förderung?

Es handelt sich um eine Förderung in Form eines zinsvergünstigten Darlehens zu Basis- bzw. besonders günstigen Top-Konditionen (Top-Konditionen nur für Jungunternehmer*innen). Die Darlehen werden von der Rentenbank zu 100 % ausgezahlt. *«Die Konditionengestaltung erfolgt auf Basis des Risikogerechten Zinssystems (RGZS). Die Preisklassen gestalten sich in Abhängigkeit von der Bonität des Kreditnehmers und der Qualität der Kreditsicherheiten. Der Sollzinssatz für den Kreditnehmer darf die aus der Margenvorgabe des RGZS ermittelte Sollzinsobergrenze nicht überschreiten.»* (Landwirtschaftliche Rentenbank 2023b)

Die Bestimmung des Sollzinssatzes nach dem Risikogerechten Zinssystem wird in Landwirtschaftliche Rentenbank (2014) erläutert, während die aktuellen Zinskonditionen (Stand März 2024) dem Konditionsrundsreiben (Landwirtschaftliche Rentenbank 2024) zu entnehmen sind.

Die Laufzeiten betragen zwischen drei und 30 Jahren.

Welche Förderhöhe ist möglich?

Durch das Darlehen können bis zu 100 % der förderfähigen Investitionskosten finanziert werden. Die Kredite übersteigen je Kreditnehmer*in und Jahr nicht 10 Mio. €. Im Einzelfall

sind auch höhere Beträge refinanzierbar. Der Darlehenshöchstbetrag ist durch beihilferechtliche Vorgaben begrenzt (Landwirtschaftliche Rentenbank 2023b).

Weitere Konditionen?

Die Rentenbank vergibt die Darlehen nicht direkt, sondern über eine vom Kreditnehmer gewählte Hausbank. Die Darlehen aus diesem Programm dürfen mit anderen öffentlichen Fördermitteln kombiniert werden. Vor Beginn des Vorhabens ist bei der Hausbank ein schriftlicher Beihilfeantrag zu stellen. Dabei sind je nach Vorhaben und Kreditnehmer*in unterschiedliche Beihilfeintensitäten und Beihilfeobergrenzen einzuhalten (Landwirtschaftliche Rentenbank 2023b).

5.4.5 Rentenbank Programm „Nachhaltigkeit“

Was ist förderfähig?

Förderfähig sind Investitionen in der Landwirtschaft, die auf die Verbesserung der Effektivität und Nachhaltigkeit von landwirtschaftlichen Betrieben abzielen (Landwirtschaftliche Rentenbank 2023a). Dazu zählen:

- Investitionen zu Steigerung der Energieeffizienz und zur Minderung von Emissionen
- Gemeinschaftlicher Maschinenkauf von Landwirt*innen (auch im Rahmen von dafür gegründeten Personengesellschaften).
- Investitionen in den ökologischen Landbau und zur Verbesserung der Tierhaltung
- Außerdem werden Investitionen von Primärproduzenten in die Verarbeitung und Direktvermarktung landwirtschaftlicher Produkte gefördert

Wer ist förderfähig?

Das Programm zielt auf dieselbe Zielgruppe wie im Rentenbank-Programm «Wachstum» ab. Jungunternehmer*innen erhalten in diesem Programm allerdings keine vergünstigten Konditionen.

Welche Art der Förderung?

Anders als beim Programm «Wachstum» wird das Darlehen für alle Kreditnehmer*innen zu den besonders günstigen Top-Konditionen vergeben. Die weiteren Konditionen unterscheiden sich vom Programm «Wachstum» nicht.

Die Bestimmung des Sollzinssatzes nach dem Risikogerechten Zinssystem wird in Landwirtschaftliche Rentenbank (2014) erläutert, während die aktuellen Zinskonditionen (Stand März 2024) dem Konditionsrundsreiben (Landwirtschaftliche Rentenbank 2024) zu entnehmen sind.

Auch hier beträgt die Laufzeit zwischen drei und 30 Jahren.

Welche Förderhöhe ist möglich?

Es gelten dieselben Förderhöchstsummen wie im Programm «Wachstum».

Weitere Konditionen?

Es gelten dieselben Konditionen wie im Programm «Wachstum».

5.4.6 ERP-Gründerkredit-StartGeld (KfW)

Nach KfW (o. J.) gelten folgende Konditionen:

Was ist förderfähig?

Förderfähig sind Investitionen und laufende Kosten, um ein Unternehmen einzurichten oder zu betreiben. Dazu zählen Anschaffung von Anlagen, Grundstücken und Gebäuden, Maschinen und weitere Anschaffungskosten (KfW o. J.).

Wer ist förderfähig?

Es werden Existenzgründer*innen (auch Freiberufler*innen), Unternehmensnachfolger*innen, junge und kleine Unternehmen gefördert. Die Förderung erhält wer ein Unternehmen gründen, ein junges Unternehmen festigen, sich als Geschäftsführer*in beteiligen, ein Unternehmen übernehmen oder ein Unternehmen im Haupt- oder Nebenerwerb führen möchte.

Nicht förderfähig sind u.a. Unternehmen, die landwirtschaftliche Produkte direkt erzeugen sowie Unternehmen, die ihre Tätigkeit vor mehr als 5 Jahren aufgenommen haben.

Welche Art der Förderung?

Es handelt es sich bei der Förderung um einen zinsvergünstigen Kredit mit leichtem Kreditzugang (KfW übernimmt 80 % des Kreditrisikos). Es werden bis zu 100 % der Investitionskosten und Betriebsmittel ausgezahlt.

Welche Förderhöhe ist möglich?

Es sind bis zu 125.000 € finanzierbar, davon bis zu 50.000 € für Betriebsmittel. Es werden bis zu 100 % des Kreditbetrages ausbezahlt. Eine Beantragung ist auch mehrmals möglich bis zum Höchstbetrag von 125.000 €. Bei einer Gründung im Team kann jeder Gründer bis zu 125.000 € beantragen.

Weitere Konditionen?

Es ist kein Eigenkapital erforderlich. Für die Rückzahlung des Kredites haftet der Kreditnehmer persönlich.

6. Fazit

Der Fokus der Wirtschaftlichkeitsanalyse lag auf der stationären bzw. optional halbstationären Pelletierung, da hier technisch ausgereifte Anlagen am Markt verfügbar sind, die sich hinsichtlich ihrer Größe für den Betrieb durch Einzelbetriebe oder kleine Zusammenschlüsse von Betrieben eignen.

Die Ergebnisse der Rentabilitätsanalyse stellen nur eine Orientierung dar, die von betriebsindividuellen Konstellationen abweichen wird.

Die Auswertung (Kapitel 5.1) zeigt, dass die drei verglichenen Anlagen bei genügender Auslastung (nahezu) konkurrenzfähig zu einer im südlichen Rhein-Main-Gebiet bereits vorhandenen Lohnpelletierung betrieben werden können.

Mit sinkendem Anteil Stroh und steigendem Anteil Grünaufwüchsen verbessert sich die Rentabilität, da die Pelletierung von Grünaufwüchsen in der Regel eine höhere Wertschöpfung ermöglicht als die Strohpelletierung.

Grundsätzlich bestimmt die zur Verfügung stehende Menge und Qualität an Rohware, sowie die absetzbare Menge an Pellets die erzielbare Anlagenauslastung. Diese ist, zusammen mit den erzielbaren Pelletpreisen am Markt (hier gibt es eine sehr weite Spanne zwischen den günstigsten und den teuersten Anbieter*innen) von entscheidender Bedeutung für die Rentabilität der Anlage. Die Befragung unter landwirtschaftlichen Betrieben und insbesondere eine orientierte Hochrechnung auf Basis agrarstatistischer Daten legen nahe, dass in allen Landkreisen der Rhein-Main Region ausreichend Rohware für eine rentable Anlagenauslastung mindestens einer Anlage pro Landkreis vorhanden sind. Die in der Hochrechnung theoretisch hergeleiteten Nachfragepotenziale für Heu- und Strohpellets für die Pferdehaltung deuten an, dass auch die Nachfrage nach Pellets in der Region für eine rentable Anlagenauslastung ausreichen könnte. Erfahrungen mehrerer Anlagenbetreiber (Staeher 2023; Kraft 2024; Anlagenbetreiber (anonym) 2024) und eines Forschungsprojektes zur Vergärung von Strohpellets (HAWK Göttingen und Georg-August-Universität Göttingen 2023, S. 82) zeigen, dass das wenig verbreitete Wissen, um Vor- und Nachteile von Pelletprodukten für verschiedene Anwendungszwecke ein Nutzungshemmnis darstellen bzw. eines gewissen Beratungsaufwands bedeuten, um diese Hemmnisse abzubauen.

Grundsätzlich sind Klee, Luzerne, Gras, Stroh und zahlreiche weitere landwirtschaftliche Rohstoffe in pelletierter Form für zahlreiche Zwecke einsetzbar. Verglichen mit der Menge an unpelletiert genutzter Ware stellt die Nutzung von Pellets aus diesen Rohstoffen eine langsam wachsende Nische dar. Innerhalb dieser Nische scheint die Nutzung von Klee-, Luzerne- und Wiesenheupellets aus feldgetrockneter Rohware eine kleinere Nische darzustellen als die Strohpellet-Nutzung. Hingegen besitzt die Herstellung und Nutzung von Pellets aus heißluftgetrocknetem Grünfutter in Bayern und in Baden-Württemberg, wo landwirtschaftliche Trocknungswerke mit angeschlossener Pelletierung historisch-bedingt seit den 1970er-Jahren verbreitet sind, v.a. in der Milchviehhaltung und vereinzelt als Beschäftigungsfutter in der Geflügel- und Schweinehaltung eine größere Bedeutung als in anderen Landesteilen (Proske 2023).

Nachgefragt werden in der Rhein-Main-Region aktuell v.a. Strohpellets als Einstreumaterial für Pferde und Geflügel und Heupellets zur Fütterung v.a. an Pferde (Kraft 2024; Staehr 2023). Außerdem können Strohpellets zur Energiegewinnung mittels Verbrennung oder in der Biogaserzeugung eingesetzt werden. Klee- und Luzernepellets eignen sich zur Düngung, insbesondere im Gemüsebau.

Vor einer Investitionsentscheidung sind diese Marktfaktoren und weitere Faktoren (Vorhandensein eines geeigneten Gebäudes, ausreichende Versorgung des Betriebs mit elektrischer Leistung, Verfügbarkeit von Arbeitskräften, etc.), jedoch unbedingt betriebs- bzw. standortindividuell zu bewerten.

Die verglichenen Anlagen bieten dabei das Potenzial, rentabel betrieben zu werden. Die Anlagen von Löttner und Ekokraft scheinen insbesondere geeignet, wenn hauptsächlich eigene Aufwüchse pelletiert werden sollen. Hingegen bedarf die **Himmel-Anlage** zur genügenden Auslastung i.d.R. des Zukaufs oder der Lohnpelletierung von Aufwüchsen. Alle Anlagen können mit «geringfügigen» Anpassungen einzelner Anlagenkomponenten um zusätzliche Pelletpressen erweitert werden, um die Produktionsleistung zu erhöhen.

Die Investition in eine kleine Anlage (bei Erstinvestition in eine Anlage mit nur einer anstatt mehrerer Pelletpressen oder Wahl der Ekokraft LP22/ Löttner 15 kW anstatt der Himmel 90kW) birgt im Vergleich mit einer größeren Anlage ein geringeres Risiko, die jeweilige Anlage dauerhaft oder zumindest während des Aufbaus der Vermarktung nur unzureichend auslasten zu können. Eine unzureichende Auslastung würde zu einem höheren Fixkosten-Anteil an den Produktionskosten führen.

Eine deutliche Senkung der Stromkosten ist ggfs. durch die Nutzung von Photovoltaikstrom möglich, wenn dieser nur mit geringen Vergütungssätzen oder gar nicht ins öffentliche Netz eingespeist werden kann.

Durch den Austausch von Pelletier-Matrizen und gegebenenfalls weitere Anpassungen (je nach Material) ist eine Pelletierung zahlreicher weiterer Materialien neben Stroh und Heu mit allen drei Anlagen möglich. Außerdem kann sich die Wirtschaftlichkeit verbessern, wenn die Investition in eine Anlage (in Teilen) gefördert wird.

Literaturverzeichnis

- Anlagenbetreiber (anonym) (2024): Fragen zum Arbeitszeitbedarf der Absackung und Vermarktung von Pellets, 2024 an Jan Albus. telefonisch.
- Augustin, D.; Mohrmann, S. (2023): Strohpellets für die Biogasanlage? In: *DLG-Mitteilungen* 2023 (3), S. 76–79.
- BauerPower UG (2023): Preisliste. Online verfügbar unter https://www.bauerpower.de/index_htm_files/preisliste%20bauerpowerug_web_15_01_2023.pdf, zuletzt geprüft am 29.04.2024.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (2013): Eiweißfuttermittel in der Rinderfütterung. Online verfügbar unter https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/eiweissfuttermittel-rinderfuetterung_lfl-information.pdf, zuletzt geprüft am 27.10.2023.
- Bensmann, M. (2006): Stroh vergolden. In: *Neue Energie* (3), S. 54–56. Online verfügbar unter https://www.kaliro.de/docs/stroh_vergolden.pdf, zuletzt geprüft am 27.10.2023.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2022): Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ 2022-2025. Online verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/gak-rahmenplan-2022-2025.pdf?__blob=publicationFile&v=7.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (o. J.): Einzelbetriebliches Förderungsprogramm Landwirtschaft (RL-EFP) – Agrarinvestitionsförderungsprogramm (AFP). Online verfügbar unter <https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Land/Hessen/agrarinvestitionsfoerederungsprogramm.html>, zuletzt geprüft am 09.02.2021.
- Ecokraft AG (o. J.a): Materialien. Online verfügbar unter <https://www.ecokraft.com/ausgangsmaterialien>, zuletzt geprüft am 28.11.2023.
- Ecokraft AG (o.J.b): Über uns. Online verfügbar unter <https://www.ecokraft.com/ueber-uns>, zuletzt geprüft am 28.11.2023.
- Ecokraft AG (2024): Befragung zu technischen und ökonomischen Daten der Pelletieranlagen der Firma Ecokraft AG, 2024 an Jan Albus und Matthias Bathon. Interview (Online, schriftlich).
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) (2014): Leitfaden feste Biobrennstoffe. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen im mittleren und großen Leistungsbereich. 4., vollst. überarb. Aufl. Gülzow-Prüzen: FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) (Hg.) (2015): HEIZEN MIT STROH. Wertschöpfung für Landwirtschaft und Kommunen. Online verfügbar unter https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2021/Mediathek/broschuere_heizen_stroh_web_2015_neu.pdf, zuletzt geprüft am 27.10.2023.
- Fleming, K.; Hessel, E. F.; van den Weghe, H. (2008a): Evaluation of Factors Influencing the Generation of Ammonia in Different Bedding Materials Used for Horse Keeping. In: *Journal of Equine Veterinary Science* 28 (4), S. 223–231. DOI: 10.1016/j.jevs.2008.02.008.
- Fleming, K.; Hessel, E. F.; van den Weghe, H. (2008b): Generation of Airborne Particles from Different Bedding Materials Used for Horse Keeping. In: *Journal of Equine Veterinary Science* 28 (7), S. 408–418. DOI: 10.1016/j.jevs.2008.05.004.
- Futtertrocknung Erkheim eG (o.J.): Maiscobs aus der ganzen Maispflanze, Maiscobs als Grundfutterergänzung. Online verfügbar unter <https://futtertrocknung-erkheim.de/cms/index.php/maiscobs-25.html>, zuletzt geprüft am 23.05.2024.
- Futtertrocknung Kempten e.G. (o. J.a): Heißlufttrocknung. Online verfügbar unter <https://futtertrocknung-kempten.de/leistungen/heisslufttrocknung>, zuletzt geprüft am 23.05.2024.

- Futtertrocknung Kempten e.G. (o.J.b): Luzerne Cobs & Ballen - Futtertrocknung Kempten. Online verfügbar unter <https://futtertrocknung-kempten.de/produkte/luzerneballen>, zuletzt aktualisiert am 18.06.2024, zuletzt geprüft am 18.06.2024.
- grünerdüngen GmbH (2024): Trocknung von Klee und Luzerne zur Pelletierung als Dünger, 17.05.2024. Email.
- Handel Reyte (o.J.): Fütterungsempfehlung. Online verfügbar unter <https://www.handel-reyte.de/heupellets-eigenmarke-141-142.html>, zuletzt geprüft am 05.06.2024.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) (o.J.a): Einzelbetriebliche Investitionsförderung. Online verfügbar unter <https://landwirtschaft.hessen.de/Landwirtschaft/Foerderungen/Einzelbetriebliche-Investitionsfoerderung>, zuletzt geprüft am 24.06.2024.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) (o.J.b): Zukunftsorientiert Einzelbetriebliche Investitionsförderung. Online verfügbar unter <https://umwelt.hessen.de/landwirtschaft/foerderung/einzelbetriebliche-investitionsfoerderung>, zuletzt geprüft am 09.02.2024.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) (2023): Richtlinien Einzelbetriebliches Förderungsprogramm Landwirtschaft (RL-EFP). Online verfügbar unter <https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Land/Hessen/agrarinvestitionsfoerderungsprogramm.html>, zuletzt aktualisiert am 17.07.2023.
- Hessisches Statistisches Landesamt (2021): Statistische Berichte. Landwirtschaftszählung 2020. Landwirtschaftliche Betriebe und Viehbestände. Online verfügbar unter https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/2022-06/CIV10_3_20.pdf, zuletzt geprüft am 02.02.2024.
- Hessisches Statistisches Landesamt (2022): Statistische Berichte. Landwirtschaftszählung 2020. Landwirtschaftliche Betriebe und Bodennutzung. C IV 10 - 2/20. Online verfügbar unter https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/2022-10/CIV10_2_20_2kA.pdf, zuletzt geprüft am 13.06.2024.
- Hessisches Statistisches Landesamt (2023): Wiesenertrag in Hessen 2010 bis 2022 nach Verwaltungsbezirken. Online verfügbar unter <https://statistik.hessen.de/unsere-zahlen/land-und-forstwirtschaft>, zuletzt geprüft am 13.06.2024.
- Himmel Maschinen GmbH & Co. KG (2024): Befragung zu technischen und ökonomischen Daten der Pelletieranlagen der Firma Himmel Maschinen GmbH & Co. KG, 2024 an Jan Albus und Matthias Bathon. Interview (Online).
- Hiß, M.; Schroers, J. O. (2024): Die Lohnsätze des KTBL. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL). Online verfügbar unter https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Artikel/Management/Lohnansatz/Lohnansatz-Loehne.pdf.
- Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK Göttingen); Georg-August-Universität Göttingen (Hg.) (2023): Schlussbericht zum Verbundvorhaben StroPelGas - Nachhaltiger Einsatz von Strohpellets zur Biogaserzeugung. Online verfügbar unter https://www.uni-goettingen.de/de/document/download/e2d5b88ad2621b73bdc005c7e147c0fc.pdf/230630_Abschlussbericht-StroPelGas.pdf, zuletzt geprüft am 29.11.2023.
- Holzhammer, A.; Neumann, H. (2023): Strohpellets im Fermenter. In: *Top Agrar* (Sonderdruck aus dem Energiemagazin 2/23). Online verfügbar unter <https://media.mykrone.green/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=158753&token=9b4bfe384e1193e7ab1b16ba1acf43dbeb5bc7d6>.
- Huber, S.; Rinnert, A. (2019): Rechtsformen und Rechtsformwahl. Recht, Steuern, Beratung. 2., vollständig überarbeitete Auflage. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Gabler.

- KfW (o. J.): ERP-Gründerkredit – StartGeld. Online verfügbar unter [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Gr%C3%BCndung-und-Nachfolge/F%C3%B6rderprodukte/ERP-Gr%C3%BCnderkredit-Startgeld-\(067\)/Variante-2-067-2.html](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Gr%C3%BCndung-und-Nachfolge/F%C3%B6rderprodukte/ERP-Gr%C3%BCnderkredit-Startgeld-(067)/Variante-2-067-2.html), zuletzt geprüft am 18.04.2024.
- Knebl, L.; Blumenstein, B.; Wufka, A.; Brock, C.; Möller, D.; Gattinger, A. (2021): Humusersatz und Strohvergärung: Widerspruch oder Patentlösung? In: *Biogas Journal* (1), S. 92–100.
- Kraft, Gregor (2024): Pelletieranlagenbetreiber, Experte für Pelletierung und Pelletiertechnik (Mündliche Mitteilung).
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (2020): Betriebsplanung Landwirtschaft 2020/21. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. 27. Auflage. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (KTBL-Datensammlung).
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (2022): Betriebsplanung Landwirtschaft 2022/23. 1. Auflage. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL).
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (2018): Betriebsplanung Landwirtschaft 2018/19. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. 26. Auflage. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft.
- Landwirtschaftliche Rentenbank (o. J.): Wachstum in der Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://www.rentenbank.de/programm kredite/landwirtschaft/wachstum/>, zuletzt geprüft am 08.03.2024.
- Landwirtschaftliche Rentenbank (2014): Wie wird der Sollzinssatz nach dem Risikogerechten Zinssystem (RGZS) bestimmt? Online verfügbar unter https://cms.rentenbank.de/export/sites/rentenbank/dokumente/RGZS_Merkblatt.pdf, zuletzt geprüft am 08.03.2024.
- Landwirtschaftliche Rentenbank (2023a): Programmbedingungen Nachhaltigkeit (Nr. 243). Online verfügbar unter <https://www.rentenbank.de/export/sites/rentenbank/dokumente/Nachhaltigkeit-Nr.-243.pdf>, zuletzt geprüft am 08.03.2024.
- Landwirtschaftliche Rentenbank (2023b): Programmbedingungen Wachstum (Nr. 241/242 mit Zinsbonus). Online verfügbar unter <https://www.rentenbank.de/export/sites/rentenbank/dokumente/Wachstum-Nr.-241-und-242.pdf>, zuletzt geprüft am 08.03.2024.
- Landwirtschaftliche Rentenbank (2024): Konditionenrundschriften Nr. 3 / 2024. Online verfügbar unter https://www.rentenbank.de/export/sites/rentenbank/dokumente/KonditionenEKN/KonditionenEKN_2024-3.pdf, zuletzt geprüft am 08.03.2024.
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2024): Mehl oder Pellets für Schweine? Online verfügbar unter https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/39655_Mehl_oder_Pellets_fuer_Schweine, zuletzt aktualisiert am 12.06.2024, zuletzt geprüft am 12.06.2024.
- Löttner Maschinenbau GmbH: Befragung zu technischen und ökonomischen Daten der Pelletieranlagen der Firma Löttner Maschinenbau GmbH an Jan Albus und Matthias Bathon. Interview (Online).
- Maschinenfabrik Bernard KRONE GmbH & Co. KG (Hg.) (2023): Premos. Mobile Pelletpresse. Online verfügbar unter <https://www.krone-agriculture.com/de/produkte/pelletpresse/premos-5000>.
- Metitron GmbH (Hg.) (2021): METITRON560. Selbstfahrender Pelletierer. Online verfügbar unter https://www.metitron.de/files/METITRON560_Produktinfo_2021.pdf.

- Möller, K. (2023): Nährstoffmanagement im Ökologischen Gemüsebau mit neuen Düngestrategien und EDV-gestützten Tools (Verbundvorhaben). Online verfügbar unter <https://orgprints.org/id/eprint/45641/1/AB%20gesamt.pdf>, zuletzt geprüft am 22.05.2024.
- Mönki, J.; Saastamoinen, M.; Karikoski, N.; Norring, M.; Rajamäki, M.; Mykkänen, A. (2021): Effects of Bedding Material on Equine Lower Airway Inflammation: A Comparison of Two Peat Beddings, Wood Pellet, and Straw Pellet. In: *Frontiers in veterinary science* 8, S. 1–9. DOI: 10.3389/fvets.2021.799645.
- Mußhoff, O.; Hirschauer, N. (2016): Modernes Agrarmanagement. Betriebswirtschaftliche Analyse- und Planungsverfahren. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Vahlen. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4623594>.
- Proske, S. (2023): Fragen zur Pelletierung in landwirtschaftlichen Trocknungswerken, 09.10.2023. Interview an Jan Albus und Ana Stephan. Online.
- Qualitätstrocknung Nordbayern eG (2024a): Grascobs (Kleegrascobs) – QTN. Online verfügbar unter <https://qtn.de/grascobs/>, zuletzt aktualisiert am 18.06.2024, zuletzt geprüft am 18.06.2024.
- Qualitätstrocknung Nordbayern eG (2024b): Heucobs – QTN. Online verfügbar unter <https://qtn.de/heucobs/>, zuletzt aktualisiert am 18.06.2024, zuletzt geprüft am 18.06.2024.
- Qualitätstrocknung Nordbayern eG (2024c): Vorteile der Heißlufttrocknung mit anschließender Pelletierung. Online verfügbar unter <https://qtn.de/vorteile/>, zuletzt aktualisiert am 12.06.2024, zuletzt geprüft am 12.06.2024.
- Regierungspräsidium Gießen (o.J.): Verbraucherschutz. Futtermittelüberwachung. Online verfügbar unter <https://rp-giessen.hessen.de/arbeits-und-verbraucherschutz/verbraucherschutz/futtermittelueberwachung>, zuletzt geprüft am 24.06.2024.
- Sitzenstock, P. (2024): Luzerne für Pferde - was bei der Fütterung wichtig ist | Pavo. Online verfügbar unter <https://www.pavo-futter.de/beratung/luzerne-in-der-pferdefutterung/>, zuletzt aktualisiert am 18.06.2024, zuletzt geprüft am 18.06.2024.
- Staehr, C. (2023): Erfahrungsbericht zu Krone Premos 5000 (09.11.2023). Frankfurt am Main.
- Staehr Lohnunternehmen (o.J.): Strukturpellets. Online verfügbar unter <https://www.lu-staehr.com/>, zuletzt geprüft am 21.06.2024.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (o.J.): 41241-01-03-4: Erträge ausgewählter landwirtschaftlicher Feldfrüchte - Jahressumme - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte. Online verfügbar unter <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online>.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hg.) (2020): Landwirtschaftliche Betriebe mit Viehhaltung und Zahl der Tiere - Stichtag - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte. Online verfügbar unter <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online>, zuletzt geprüft am 17.06.2022.
- Statistisches Bundesamt (2023): 61243-0005: Strompreise für Nicht-Haushalte: Deutschland, Halbjahre, Jahresverbrauchsklassen, Preisarten. Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>.
- Statistisches Bundesamt (2024): Landwirtschaftliche Betriebe in Deutschland insgesamt nach Rechtsform. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftliche-Betriebe/Tabellen/rechtsformen-sozialoekonomischen-betriebstypen2016.html>, zuletzt aktualisiert am 04.06.2024.
- Taunus-Pellets (o. J.): Produkte. Online verfügbar unter <https://taunuspellets.de/produkte/>, zuletzt geprüft am 29.04.2024.
- Trocknungsgenossenschaft Amberg e.G. (o.J.): Esparsettecobs. Online verfügbar unter <https://www.trocknung-amberg.de/produkte>, zuletzt geprüft am 23.05.2024.
- Trocknungsgesellschaft Ostrachtal e. G. (o. J.): Produktion. Prozessablauf Grüngut. Online verfügbar unter <https://www.trocknung-ostrach.de/produktion/>, zuletzt geprüft am 06.10.2023.

- Weber, S. (2024): Förderung Strohpelletierung (Vortrag unveröffentlicht). Förderberatung Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH).
- Weidmann, G. (2024): Sorgfältiges Anwelken des Grases reduziert Trocknungskosten. Hg. v. Bioaktuell. Online verfügbar unter <https://www.bioaktuell.ch/aktuell/meldung/sorgfaeltiges-anwelken-des-grases-reduziert-trocknungskosten>, zuletzt aktualisiert am 12.06.2024, zuletzt geprüft am 12.06.2024.
- Weindl, P. (2023): Verfütterung von Grünleguminosenpellets an Monogastrier, 2023 an Ana Stephan und Jan Albus. Email.
- Wesche, R.; Wolff, E.-M. (2020): Rechtsformen landwirtschaftlicher Unternehmen. 4. Auflage. Hg. v. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Online verfügbar unter <https://www.ble-medien-service.de/1147-4-rechtsformen-landwirtschaftlicher-unternehmen.html>, zuletzt geprüft am 04.06.2024.
- Zeller, V.; Thrän, D.; Zeymer, M.; Bürzle, B.; Adler, P.; Ponitka, J. et al. (2012): Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung. Online verfügbar unter https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_13.pdf, zuletzt geprüft am 18.01.2024.

Anhang

Anhang 1: Fragebogen zum Interesse und Erfahrungen landwirtschaftlicher Betriebe mit der Pelletierung und Pelletnutzung sowie Angebot an Rohwaren zur Pelletierung und Nachfrage nach Pellets

1. Bitte geben Sie die Postleitzahl Ihres Betriebssitzes an. Diese Information dient in der Auswertung der Identifikation von Schwerpunktgebieten.
2. Haben Sie bereits eigene Aufwüchse pelletiert bzw. pelletieren lassen?

- *Selbst pelletiert*
- *Pelletieren lassen*
- *Weder noch*

3. Wieviel Tonnen Stroh, Grünland-Heu, Luzerne-Heu bzw. Klee gras-Heu würden Sie jährlich zur Eigennutzung oder zum Verkauf pelletieren lassen oder selbst pelletieren, wenn Sie für 190€/t (netto, ohne Umsatzsteuer) im Lohn oder selbst pelletieren könnten?

Hinweis: Die 190 €/t werden als Kosten der Lohnpelletierung bzw. eigene Produktionskosten inkl. Lohnansatz angenommen.

Bitte tragen Sie für die Materialien, die Sie nicht zur Eigennutzung oder zum Verkauf pelletieren (lassen) würden, jeweils eine „0“ in das entsprechende Tabellenfeld ein.

	Pelletierung zur Eigennutzung [t/Jahr]	Pelletierung zum Verkauf [t/Jahr]
Weizen-/ Gerstenstroh		
Grünlandheu		
Luzerne-Heu		
Klee grasheu		

4. Sind Sie an der Pelletierung weiterer Materialien interessiert:
 - *Nein*
 - *Ja, folgende:*
5. Können Sie sich vorstellen als Einzelbetrieb oder gemeinsam mit anderen Betrieben in eine Pelletieranlage zu investieren?
 - *Ja, als Einzelbetrieb*
 - *Ja, gemeinsam mit anderen Betrieben*
 - *Weder noch*
6. Haben Sie bereits Erfahrung in der Nutzung von Pellets?
 - *Ja*

- *nein*
7. Wie viel Tonnen Pellets aus Stroh, Grünland-Heu, Luzerne-Heu bzw. Klee gras-Heu würden Sie zu den unten genannten Preisen (netto, ohne Umsatzsteuer) jährlich zukaufen?
- Hinweis: Bitte tragen Sie für die Materialien, die Sie nicht zukaufen würden, jeweils eine „0“ in das entsprechende Tabellenfeld ein.

	Zukauf von Pellets [t/Jahr]
Weizen-/ Gerstenstroh [340 €/t]	
Grünlandheu [400€/t]	
Luzerne-Heu [380 €/t]	
Kleegrasheu [380 €/t]	

8. Sind Sie am Zukauf anderer pelletierter Materialien interessiert?
- *Nein*
 - *Ja, folgende:*
9. Wirtschaften Sie konventionell oder nach EU-Öko-Verordnung?
- *Konventionell*
 - *EU-Öko-Verordnung*
 - *Keine Angabe*