

## Netz bayerischer Pilotbetriebe/Praxisbetriebe mit hofeigener Heubelüftungsanlage

Susanne Jakschitz-Wild<sup>1\*</sup> und Stefan Thurner<sup>1</sup>

### Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts „Erzeugung von hochwertigem Grundfutter in hofeigenen Heubelüftungsanlagen“ soll ein PilotbetriebeNetzwerk in Bayern aufgebaut und der Wissenstransfer zum Thema Heubelüftung in die Praxis vorangetrieben werden. Ziel des Projekts ist das Sammeln und Erstellen einer belastbaren Datengrundlage zu den Umsetzungsmöglichkeiten einer hofeigenen Heubelüftungsanlage. Damit soll erreicht werden, dass das Grundfutter effizienter genutzt wird, vor allem im Hinblick auf das heimisch erzeugte Futtereweiß. Der Wissenstransfer soll zu den Punkten Technik, Ökonomik und Verfahrensablauf mittels Beratungsempfehlungen die in Form von Flyern oder im Internet zur Verfügung gestellt werden sowie über Informationsveranstaltungen an den Betrieben durchgeführt werden. Bei den bisher besichtigten 35 Heubelüftungsanlagen setzen alle Betriebe, die keine kostengünstige Abwärme von z.B. einem biogasbetriebenen BHKW nutzen können, die solare Luftanwärmung über eine Unterdachabsaugung ein und kombinieren dies mit einem Entfeuchter für die effiziente Belüftung über Nacht. Sofern Abwärme in der Regel über Kraft-Wärme-Kopplung zur Verfügung steht, wird die Außenluft über einen Wärmetauscher angewärmt und mittels Radiallüfter in den Heustock oder zu den Heuballen geblasen. Generell ist bei den Lüftern und Entfeuchtern auf eine hohe Effizienz zu achten, da in Bayern die Strompreise relativ hoch sind. Die Qualität des Belüftungsheus aus dem Jahr 2013 liegt trotz der witterungsbedingt sehr schwierigen Erntebedingungen auf einem guten Niveau. Bemerkenswert ist der niedrige mikrobielle Besatz.

### Summary

In the frame of the research project „production of high value roughage with on farm hay drying systems“ a network of Bavarian pilot farms should be established. Furthermore, knowledge transfer to farmers about the topic efficient hay drying will be pushed. The aim of the project is to collect and establish a resilient data base about different ways to implement on farm hay drying systems. This should lead the way to a more efficient use of roughage with a special focus on regional produced protein. Knowledge transfer about the topics technology, economy and procedure of on farm hay drying systems will be done via advisory recommendations using flyers, internet pages and field days at the pilot farms.

So far 35 farms were visited, whereof all that do not have cheap waste heat e.g. from a biogas driven combined heat and power plant use solar heating of the drying air in combination with a dehumidifier for an efficient drying during night hours. Provided that waste heat from a combined heat and power plant is available, the air will be heated by and heat exchanger using a radial ventilator to transport the air into the hay box or hay bale. Generally it is necessary to use high energy efficient ventilators and dehumidifiers, because in Bavaria the electricity tariff is relatively high. In 2013 the quality of the Bavarian dried hay was despite the difficult climatic conditions during harvesting times on a good level. Remarkably was the low microbial biofilm.

### Einleitung

Der Import von v.a. Sojaprotein aus Übersee für die Fütterung von Nutztieren wird zunehmend kritisch gesehen. Vor allem im Bereich der Rinderfütterung ist Sojaextraktionsschrot nicht zwingend für eine ausgeglichene Ration notwendig und kann vollständig durch heimisch erzeugten Rapsextraktionsschrot oder noch besser durch hochwertiges Grundfutter ersetzt werden. Ein Weg zu einer höheren Grundfutterleistung ist der Einsatz von getrockneten Grasprodukten.



Seit Anfang 2013 ist daher am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft im Zuge des Aktionsprogramms **Aufbruch Bayern** die Bayerische Eiweißinitiative angesiedelt.



Das Ziel der Initiative zur „Verbesserung der Eiweißeffizienz aus heimischer Landwirtschaft“ ist es, neben Forschungsprojekten zum Einsatz von heimischen Eiweißträgern auch den Wissenstransfer über den Einsatz von heimischen Eiweißträgern in die Praxis zu verbessern.

### Zielsetzung

Ziel des Projektes zur „Erzeugung von hochwertigem Grundfutter in hofeigenen Heubelüftungsanlagen“ ist das Sammeln und Erstellen einer belastbaren Datengrundlage für die verschiedenen Umsetzungsmöglichkeiten des Produktionsverfahrens „hofeigenes Belüftungsheu“ und

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT), Vöttinger Straße 36, D-85354 FREISING

\* DI Susanne JAKSCHITZ-WILD, susanne.jakschitz-wild@lfl.bayern.de



damit für die effizientere Nutzung des vorhandenen heimischen Futtereiweißes. Der Wissenstransfer soll durch die Ausarbeitung von praxisnahen Beratungshilfen und -empfehlungen den Interessenten, vorrangig Milchviehhaltern, zu den Schwerpunkten Stand der Technik, Ökonomik und Futtergewinnung erfolgen.

## Material und Methode

Mit der Auswahl von technisch unterschiedlich ausgestatteten Pilotbetrieben aus allen sieben Regierungsbezirken Bayerns soll die Effektivität und Effizienz verschiedener Belüftungstechnik-Lösungen dokumentiert werden. Auf diesen Betrieben soll exemplarisch die Qualität, die Quantität, der Energieverbrauch und der Arbeitsaufwand des Produktionsverfahrens „hofeigenes Belüftungsheu“ ermittelt werden. Durch den Aufbau einer Datenbank nach Schwerpunkten sollen interaktiv die vielfältigen Beziehungen zwischen den Interessensteilhabern und den Wissensschwerpunkten Technik, Wirtschaftlichkeit und den verschiedenen Aspekten des qualitativ hochwertigen Grundfutters Belüftungsheu hergestellt und gepflegt werden.

## Vor- und Nachteile des Produktionsverfahrens Belüftungsheu

Die Einbringung des Heus unter Dach erfolgt bei einem Soll-Trockenmassegehalt von ca. 60%. Das ist oft mit einer sogenannten „einsonnigen“ Ernte möglich. Das heißt, das Erntegut wird einen Tag lang an der Sonne vorgetrocknet, so dass möglichst viel Wasser entzogen wird. Durch die kurze Feldliegezeit kann das Risiko von Seiten des Wetters reduziert werden. Aufgrund der somit verkürzten Erntedauer im Vergleich zum Bodenheu können optimale Bedingungen bezüglich Bodenfeuchte und Befahrbarkeit des Bodens (Bodenverdichtung und Futtermittelverschmutzung) auch bei kurzen Erntefenstern besser umgesetzt werden. Die Mahd von Grünlandbeständen erfolgt für Belüftungsheu ähnlich wie bei Silage in einem frühen Entwicklungsstadium von Ende Schossen bis Beginn Ährenschieben, wodurch niedrigere Rohfaser (XF)-Gehalte und gleichzeitig höhere Rohprotein (XP)-Gehalte erzielt werden können, was wiederum einen höheren Gehalt an pansenstabilem Rohprotein (UDP) bedeutet.

Ein Trockenmassegehalt bei der Werbung von ca. 60% bedeutet, dass das Heu oder das Grummet nicht so stark getrocknet wurde, dass Blüten- und Blattteile vom Trockengut abfallen oder abbröckeln. Erst ab einem Trockenmassegehalt von mehr als 60% steigen die Bröckelverluste bei weiteren mechanischen Eingriffen sehr stark an. Weniger Bröckelverluste ergeben einen höheren „realisierten“ Ertrag/ha und steigern die XP-Gehalte. Ein weiterer Vorteil der Belüftung, wir gehen weitgehend von Warmbelüftung aus, ist der Erhalt der ätherischen Öle und der lichtempfindlichen Farbstoffe. Das Futter bewahrt seinen angenehmen Geruch und ist deutlich geringer mit Schimmelpilzen belastet als Bodenheu. Daher wird es sehr gerne gefressen, was höhere Futteraufnahmen bei Milchkühen

belegen. Da Belüftungsheu sehr gering mit sporenbildenden Bakterien belastet ist, finden sich solche geringen Keimbelastungen auch in der Milch. Die Vorteile der Verwendung von Heumilch besonders in der traditionellen Hartkäseherstellung sind bekannt. Dem gegenüber stehen allerdings hohe Investitionskosten für die Errichtung von Bergehallen und die notwendige technische Ausstattung. Meist ist die Belüftungsfläche der limitierende Faktor und die Erntemenge muss darauf abgestimmt werden. Das heißt, dass pro Schnitt meist zwei- bis dreimal gemäht werden muss, was einen hohen Arbeitszeitaufwand für die Ernte bedeutet.

## Heubelüftung - Technische Umsetzung am Betrieb

In Bayern wurden im Rahmen des Projekts bisher 35 Betriebe besichtigt, die eine Heubelüftung planen oder bereits umgesetzt haben. Die unterschiedlichen regionalen und baulichen Gegebenheiten bedingen eine Vielzahl an technischen Lösungen zur Umsetzung einer hofeigenen Heubelüftungsanlage. So gibt es einige Betriebe, die Milchvieh halten, eine Biogasanlage betreiben und trotzdem oder gerade deswegen auf Belüftungsheu umstellen möchten. Allen gemeinsam ist der Wunsch nach einer effizienteren Nutzung des eigenen Grünlandes. Je nach Region ist die Dichte der Betriebe mit hofeigener Belüftungsanlage sehr unterschiedlich. Die meisten Anlagen stehen in den Voralpenregionen der Regierungsbezirke Schwaben, Oberbayern und Niederbayern.

### Lüfter

Allen Betrieben gemeinsam ist der Bedarf an einer den Anforderungen entsprechenden Belüftungstechnik. Abhängig vom Belüftungsverfahren, der Schlagkräftigkeit und der durchschnittlichen Zusammensetzung des Grundfutters ist die Art und Leistungsfähigkeit der Ventilatoren (*Abbildung 1*) zu wählen. Hier kommen immer Radialventilatoren zum Einsatz. Die verschiedenen Bauarten, wie einseitig oder doppelseitig saugend, mit unterschiedlichen Lamellenwinkeln oder

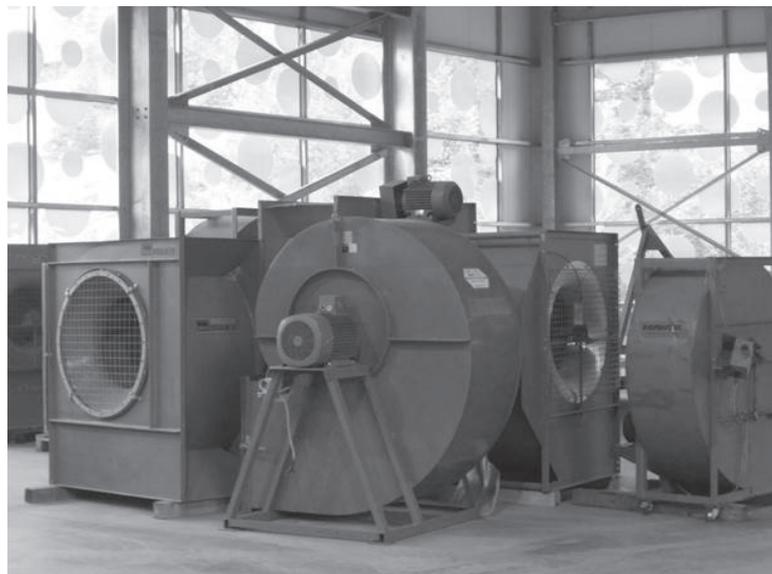


Abbildung 1: Verschiedene Radialventilatoren



Abbildung 2: Luftkollektoren auf der Trocknungshalle der LfL

-ausführungen, haben verschiedene Einsatzgebiete. Je nach Anforderung wird mehr Volumenstrom/Luftgeschwindigkeit oder mehr Druckstabilität benötigt. Es werden keine Axialventilatoren (wie bei Stallbelüftung üblich) verwendet, da im Gegensatz zum Radialventilator beim Axialventilator bei niedriger Drehzahl der Luftstrom des Gebläses abreißt; das bedeutet, es wird keine Luft mehr transportiert. Der Radialventilator wird mit Hilfe eines Frequenzumformers (FU) so dimensioniert, dass auch bei geringer Gebläsedrehzahl (je geringer die Motordrehzahl, desto geringer der Stromverbrauch) noch genügend Luft transportiert wird, um z.B. bei relativ locker gelagertem Belüftungsheu mit bereits hohem Trockensubstanzanteil in der Box, das keinem zu großen Gegendruck standhält, noch trocknen zu können. Bei den Belüftungsverfahren im speziellen unterscheiden wir hauptsächlich zwei weitverbreitete Verfahren: die Boxenbelüftung und das Rundballen-Verfahren. Beide Verfahren können mit unterschiedlichen Belüftungsvarianten umgesetzt werden: Belüftung mittels solar angewärmter Luft, Warmbelüftung mittels Warmluftöfen oder Abwärmennutzung oder Belüftung mittels entfeuchteter Luft. Im Folgenden werden kurz die wichtigsten Unterschiede der genannten Belüftungsvarianten erläutert und auf bayerische Besonderheiten hingewiesen.

### Warmbelüftung

#### Belüftung mit solar angewärmter Luft

Unter Fotovoltaik-Paneeelen aber auch unter jeder Dachhaut fällt bei entsprechender Tageszeit und Witterung Wärme an, die zur Erwärmung der Belüftungsluft und dadurch zur Verbesserung der Feuchtigkeitsaufnahme der Luft, die durch das Belüftungsgut geführt wird, genutzt werden kann. Zur starken Nutzung der Dachflächenwärme gibt es auch Solarkollektoren, die für diesen Zweck hochleistend konzipiert wurden. Durch diese Module mit einer sehr hohen Wärmetauscher-Oberfläche (Abbildung 2) können z.B. die Kosten für die Trocknung verschiedener Erntegüter an der Landesanstalt für Landwirtschaft erheblich gesenkt werden.

In der Praxis wird Unterdach-Absaugung meist wie folgt umgesetzt: An der Stirnseite der Bergehalle wird durch Lufteinlässe die Luft angesaugt, unter der Dachhaut entlang bis zum Sammelkanal mit passender Geschwindigkeit geführt, um sich zu erwärmen und über den Sammelkanal wird die erwärmte Luft schließlich weiter zum Lüfter geleitet (Abbildung 3).

Die solare Luftanwärmung sollte in jeder Heubelüftungsanlage genutzt werden, sofern nicht sehr günstig alternative Abwärme genutzt werden kann. Daher finden wir in den meisten bayerischen Anlagen Unterdachabsaugungen zur Luftanwärmung.

#### Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Einige von uns besichtigte bayerische Betriebe mit hofeigener Heubelüftung arbeiten mit einer Kombination von Unterdachabsaugung und einer Kraftwärmekopplung (KWK), wie schematisch anhand einer Rundballenbelüftungsanlage dargestellt (Abbildung 4).

Dazu wird die nutzbare Wärme eines Block-Heiz-Kraft-Werkes (BHKW) oder auch eines Notstromaggregats genutzt, um die Zuluft zu erwärmen. Damit wird das Sättigungsdefizit der Belüftungsluft erhöht und somit die Wasseraufnahmekapazität gesteigert und die Trocknungszeit verkürzt. Die Vorteile einer kürzeren Trocknungszeit



Abbildung 3: Schema einer Unterdachabsaugung bei Pfettendächern

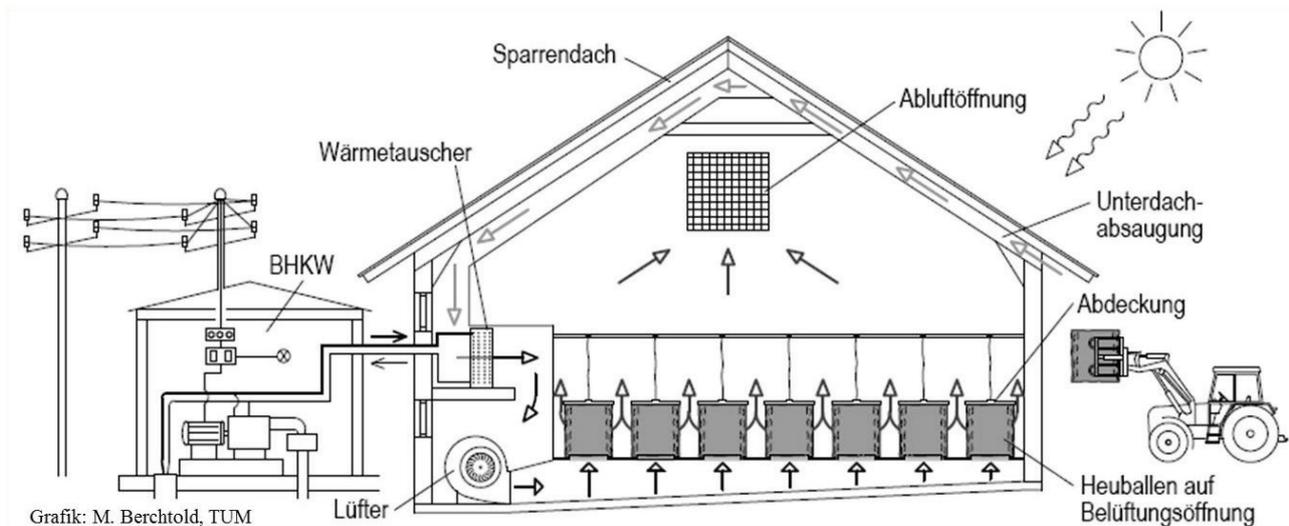


Abbildung 4: Schema Kraft-Wärme-Kopplung mit einer Rundballen-Belüftung

bis zum Erreichen der Lagerfähigkeit von 88% Trockensubstanz (TS) liegen in einer höheren Futterqualität durch schnelleres Konservieren der Inhaltsstoffe, einem schnelleren Entzug der Feuchtigkeit die für die Bildung von z.B. verderbanzeigenden Schimmelpilzen verantwortlich ist und in einer erhöhten Schlagkraft. Trotzdem sollte die Belüftungsluft nicht über 45°C erwärmt werden. Wissenschaftliche Untersuchungen zur maximalen Temperatur der Belüftungsluft in Abhängigkeit vom Trocknungsgut und der Gutfeuchte, bei der noch keine Eiweißschädigung (sogenannte Maillard-Reaktion) erfolgt, sind für das laufende Jahr vorgesehen.

In Bayern sind derzeit 2.330 Biogasanlagen in Betrieb, davon 736 mit KWK. Es ist wirtschaftlich sinnvoll, die anfallende Abwärme von Biogas betriebenen Motoren gerade im Sommer z.B. für die Belüftung und Trocknung zu nutzen. In der Praxis wird die benötigte Wärme mit einem halben bis einem Heizöl-Äquivalent angesetzt. Ein kg Heizöl entspricht ca. 10 kWh. Der Verlauf der Heizölpreise

ist in *Abbildung 7* dargestellt. Über einen Wärmetauscher mit einem Zulauf von bis zu 85°C heißem Wasser wird die Frischluft angewärmt. Der Wärmetauscher besteht aus einem verzinkten Blechrahmen mit Kupferkapillarrohren mit Aluminium Lamellen und wird meist über DIN Flansche mit den Vor- und Rücklaufrohren verbunden (*Abbildung 5*).

Er arbeitet im Gegenstromprinzip - die Flussrichtung des zuströmenden Heißwassers läuft gegen die Luftrichtung. So ist ein maximaler Wärmeübertrag auf die Belüftungsluft gewährleistet. Das meist frequenzgesteuerte Radialgebläse saugt Umgebungsluft durch den Wärmetauscher und drückt dann die Warmluft in den Luftkanal. Auf dem besuchten Betrieb wurden in 24 Stunden 16 Rundballen Luzernegras auf zwei umgebauten Wägen (Anhänger) mit flexiblem Schlausystem und Zwischenring getrocknet. Der Vorlauf betrug zwischen 60 und 65°C bei einer Wärmeleistung des BHKW von 300 kWh. Die Anschlussleistung des Lüfters betrug 12 kWel. Die Trocknung wird für Rundballen, Hackschnitzel und Getreide genutzt.

Die Wagen stehen unter einem Pultdach. Oft werden auch U-förmige Kammern aus Beton oder umgebaute Fahrhilfen, die vollflächig befahrbar sind, zur Belüftung-Trocknung genutzt. Es muss immer darauf geachtet werden, dass durch bauliche Maßnahmen die feuchte Abluft gut abziehen kann, bevor sie am Gebäude kondensiert. Ein Stau der feuchten Luft über dem Trockengut führt nicht nur langfristig zu Schäden an der Bausubstanz sondern auch zu Tropfwasserschäden am Belüftungsgut.

Unabhängig von der Wärmequelle, ob Biogas betriebenes BHKW, Hackschnitzelheizung oder hackschnitzelbetriebener Holzvergaser (*Abbildung 6*), ist das Prinzip das Selbe.

Wer keine Biogasanlage betreibt, aber Hackschnitzel verheizen oder vergasen kann, wird bei großem Wärmemengenbedarf diese Variante interessant finden.

Eine schematische Darstellung, wie ein Holzgas-Verbrennungsmotor funktioniert, findet



Abbildung 5: Wärmetauscher und Radiallüfter mit KWK-Nutzung



Abbildung 6: Holzgas-Verbrennungsmotor, Firmendarstellung

man z.B. unter: [http://www.holz-kraft.de/images/pdfs/Spanner\\_Holz-Kraft-Anlagen\\_1208.pdf](http://www.holz-kraft.de/images/pdfs/Spanner_Holz-Kraft-Anlagen_1208.pdf)

Ein kg Hackschnitzel mit einer Trockensubstanz von 85-90% wird mit rund 4 kWh<sub>th</sub> angesetzt. In Oberbayern sind uns derzeit zwei Heubelüftungs-Betriebe mit dieser Technik bekannt.

Im Vergleich zu Heizöl verläuft die Preisentwicklung pro MWh für Hackschnitzel in den vergangenen neun Jahren nur leicht steigend und in den letzten drei Jahren stabil.

*Wärmepumpen-Wärmetauscher „Entfeuchter“*

Am Häufigsten ist auf bayerischen Betrieben die Kombination Unterdachabsaugung und Entfeuchtung der Belüftungsluft mit einer Wärmepumpen-Wärmetauscher-Entfeuchtungsanlage anzutreffen. Das Prinzip folgt dem Schema in *Abbildung 4*. An der Stelle des Wärmetauschers tritt der Wärmepumpen-Wärmetauscher. Die zu entfeuchtende Luft tritt durch den Verdampfer, wobei die Luft abgekühlt wird und dabei Wasserdampf ausfällt. Die abgekühlte Luft wird über den Kompressor durch den Kondensator gesaugt und dabei wieder angewärmt (*Abbildung 8*). Damit steigt das Sättigungsdefizit der Belüftungsluft, bevor sie wieder über den Lüfter in den Belüftungskanal befördert wird.

Durch eine geschickte Klappenführung für Umluft- oder unter Dach vorgewärmte Aussenluft wird die Effizienz des Entfeuchters optimiert und damit werden die Stromkosten gesenkt.

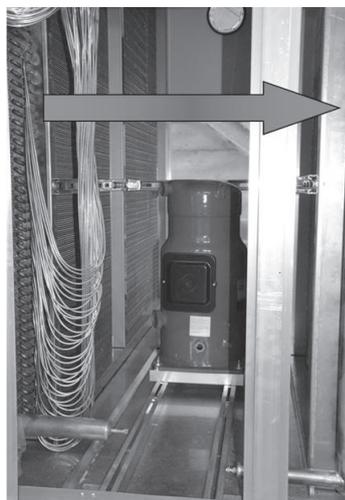


Abbildung 8: Luftführung durch den Wärmepumpen-Wärmetauscher (Entfeuchter)

Die Stromkosten in den deutschsprachigen Ländern sind teilweise erheblich unterschiedlich. Für Deutschland soll die nachfolgende Darstellung (*Abbildung 9*) einen Überblick über die Entwicklung der Strompreise für Privathaushalte und die Landwirtschaft in den vergangenen Jahren aufzeigen.



Abbildung 7: Preisentwicklung von Hackschnitzeln, Holzpellets, Heizöl und Erdgas seit 2005

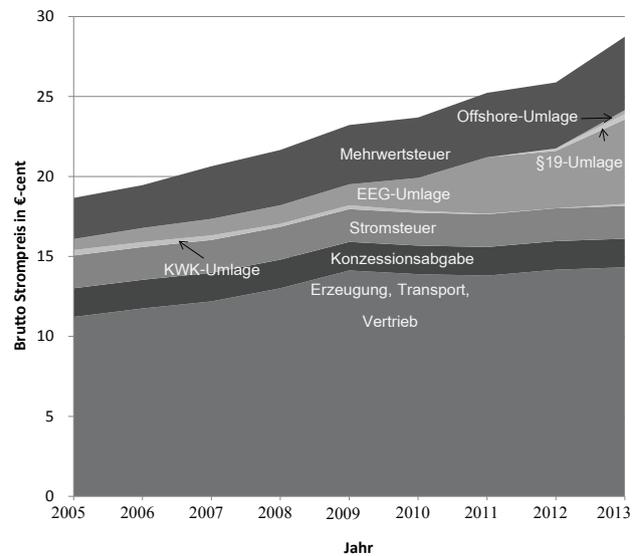


Abbildung 9: Strompreisentwicklung in Deutschland (Privathaushalt mit 3500 kWh Jahresverbrauch; Preise für die Landwirtschaft sind nur geringfügig niedriger und enthalten ebenfalls die angegebenen Kostenelemente)



Abbildung 10: Notstromaggregat, Firmendarstellung

Der Unterschied zu den deutschsprachigen Nachbarländern besteht im verhältnismäßig hohen Anteil der KWK- und EEG-Umlage.

Um die benötigte Strom-Anschlussleistung zu erhalten und um zusätzlich Wärme für die Belüftung zur Verfügung zu haben, entscheiden sich einige bayerische Betriebe für ein zusätzliches Notstrom-Aggregat (*Abbildung 10*).

Tabelle 1: Durchschnittliche Wetterdaten für Freising 2013

Freising, 2013 Monat	Temp. (2 m) Ø °C	Wind Ø m/s	Niederschlag Σ mm	Blattnässe Ø %	Luftfeuchte Ø %	Sonnenstunden Σ h	Vegetationstage T Ø >=5°C
Mai	11,40	1,30	133,2	45	81	145	31
Juni	15,30	1,10	159,6	50	79	195	30
Juli	19,70	1,10	17,2	29	67	316	31
August	17,80	1,00	99,7	42	75	259	31
September	13,20	1,10	90,0	47	83	143	30
Oktober	9,40	0,80	69,5	55	87	101	28
Mittelwert	14,47	1,07	17,2	44,67	78,67	193,17	30,17

Tabelle 2: Mittelwerte Belüftungsheu 2013, n=17

Inhaltsstoff	Mittelwert/Median	Standardabw.	Orientierungswert
Nutzbares Rohprotein (nXP)	133 g/kg TM	±10,2 g/kg TM	126-135 g/kg TM*
NettoEnergie Laktation (NEL)	6,0 MJ NEL	±0,5 MJ NEL	5,69-5,87 MJ NEL*
Ruminale Stickstoffbilanz (RNB)	-0,29 g/kg TM	±3,1 g/kg TM	-1 bis 2 g/kg TM*
Rohasche (XA)	79 g/kg TM	±17,5 g/kg TM	<100 g/kg TM***
Bakterien (v.a. Gelbkeime)	1,39x10 <sup>6</sup> KBE/g	(Median)	<3,0x10 <sup>7</sup> KBE/g**
Hefen	50 KBE/g	(Median)	<1,5x10 <sup>5</sup> KBE/g**
Verderbanzeig. Schimmelpilze	3,0x10 <sup>2</sup> KBE/g	(Median)	<1,0x10 <sup>5</sup> KBE/g**

\* Gruber Futterwerttabelle, 35. Auflage / 2012, S. 64

\*\* VDLUFA 2011

\*\*\* Dr. W. Richardt, LKS mbH, Lichtenwalde, 2013

Aus Brand- und Immissionsschutzgründen muss es in Bayern eingehaust werden.

Da in den verschiedenen Regionen die Wetter- und Niederschlagswerte unterschiedlich sind, haben wir exemplarisch eine Aufstellung für Freising mit den wichtigsten agrarmeteorologischen Werten, die die Heuernte betreffen, zusammengestellt:

Daraus wird ersichtlich, dass eine qualitativ hochwertige Heu- oder Grummeternte über alle Schnitte ohne technische Hilfsmittel schwierig wird. Besonders der erste Schnitt im Mai/Juni wird mit einer hofeigenen Belüftungsanlage deutlich besser gelingen. Ebenso der letzte Schnitt im Oktober, der durch hohe Luftfeuchtigkeit und niedrige Temperaturen geprägt ist, bedarf einer Unterdachtrocknung.

### Qualität des bayerischen Belüftungsheus im Jahr 2013

Die Heuproben wurden teilweise mit einem am Institut für Landtechnik und Tierhaltung überarbeiteten und weiterentwickelten, speziellen Heustock- und einem Rundballenstecher auf elf Betrieben in sechs Regionen Bayerns (ohne Oberpfalz) gezogen und am LKV und an der TUM untersucht.

Die durchgeführten Heuproben (Gras und Klee gras; Luzern gras bisher drei Proben, daher nicht dargestellt) wiesen

folgende Qualitäten bezüglich der mittleren Inhaltsstoffe und Keimbelastung über alle Schnitte (Schnitt 1 bis 4) für das Jahr 2013 auf (Tabelle 2).

Die Rohproteinwerte lagen beim 1. Schnitt im Mittel knapp unter dem Orientierungswert von 126 g/kg TM und für den 2. und die Folgeschnitte im Mittel genau beim Zielwert von 135 g/kg TM. Die Energiewerte dagegen lagen bei allen Schnitten über den Zielwerten für unter Dach getrocknetes Heu. Die Mediane für den mikrobiologischen Besatz fallen niedrig aus und lagen auch im Maximum deutlich unter den Orientierungswerten.

### Quellenverzeichnis

Abbildung 6 Online Bildquelle verfügbar unter: [http://www.holz-kraft.de/images/pdfs/Spanner\\_Holz-Kraft-Anlagen\\_1208.pdf](http://www.holz-kraft.de/images/pdfs/Spanner_Holz-Kraft-Anlagen_1208.pdf); zuletzt aufgerufen am 19.03.2014.

Abbildung 7 Online Quelle verfügbar unter: <http://www.carmen-ev.de/infothek/preisindizes/hackschnitzel/graphiken>; zuletzt aufgerufen am 19.03.2014.

Abbildung 9 Online Quelle verfügbar unter: <http://de.wikipedia.org/wiki/Strompreis>; zuletzt aufgerufen am 18.03.2014.

Abbildung 10 Firmendarstellung aus Informationsbroschüre der Firma Zordan S.r.l.