

## **Möglichkeiten der Nutzung von Kraft- Wärme-Kopplung zur Heubelüftung**

### **Teil 1: Technische und bauliche Grundlagen, Förderung**



**Nr. V - 27/2017**

---

Zusammengestellt von der Arbeitsgruppe V (Betriebs- und volkswirtschaftliche Bewertung)  
im „Biogas Forum Bayern“ von:



**ARWEGO**  
ENERGIE EFFIZIENT NUTZEN

**Stefan Thurner, Jochen Simon, Peter Stötzel**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung

**Georg Ohmayer**

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Kempten

**Armin Schneider**

Firma Arwego

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>2</b>
1.1	Nutzung von Belüftungsheu im Betrieb .....	2
1.2	Vorteile von Belüftungsheu .....	2
1.3	Vermarktung als Heumilch .....	3
<b>2</b>	<b>Stand der Technik</b> .....	<b>3</b>
2.1	Basiswissen zur Rundballen-, Quaderballen- und Boxenbelüftung.....	3
2.2	Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung zur Heubelüftung .....	6
2.3	Nutzung von Wärmerückgewinnungssystemen zur Leistungssteigerung .....	6
<b>3</b>	<b>Heubelüftungshalle</b> .....	<b>9</b>
3.1	Anforderungen an die Heubelüftungshalle .....	9
3.2	Energieeinsparungsmöglichkeiten durch Dämmung .....	10
<b>4</b>	<b>Fördermöglichkeiten</b> .....	<b>11</b>
4.1	Flächenförderung über KULAP-Prämie.....	11
4.2	Investitionsförderung über BaySL .....	11
4.3	Energieeffizienzförderung über die BLE.....	11
<b>5</b>	<b>Ausblick</b> .....	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Weiterführende Literatur</b> .....	<b>12</b>
	<b>Literatur</b> .....	<b>13</b>

## 1 Einleitung

### 1.1 Nutzung von Belüftungsheu im Betrieb

Mit angewärmter Luft belüftetes Heu eignet sich hervorragend als Futter für Milchkühe und Kälber aber auch für Mastrinder oder Pferde. Voraussetzung für ein hochwertiges Futter ist wie bei Silage der frühe Schnittermin im Stadium Ähren- und Rispenstadien der Hauptbestandsbildner. Wenn das Erntegut mit ca. 60 % Trockensubstanzgehalt in die Heubelüftungsanlage eingebracht wird, muss eine schnelle Trocknung innerhalb von rund 40 bis 60 Stunden erfolgen, um hochwertiges, lagerungsfähiges Belüftungsheu zu erhalten. Damit kann abhängig vom Grünlandbestand sehr gutes Grundfutter mit Energiegehalten über 6 MJNEL und Eiweißgehalten über 150 g Rohprotein pro kg Trockenmasse erzeugt werden.

Durch die Warmbelüftung wird der Anteil an pansenstabilem Protein (UDP) mit rund 40 % des Rohproteins auf ein ähnliches Niveau wie bei heißluftgetrockneten Grasprodukten gebracht. Damit können vor allem Hochleistungskühe, die mit steigender Milchleistung einen steigenden Anteil an UDP am Gesamtprotein in der Futterration benötigen [4], bedarfsgerecht versorgt werden. Durch die meist sehr gute Schmackhaftigkeit des Belüftungsheus wird es z. B. von Kälbern gern gefressen und fördert als Grobfutter die Pansenentwicklung. Belüftungsheu ist aufgrund seiner geringen Belastung mit verderbanzeigenden Mikroorganismen auch für die Pferdefütterung gut geeignet. Außerdem kann Belüftungsheu entweder als alleinige Grobfutterkomponente eingesetzt werden, was bei der Winterfütterung zur Erzeugung von Heumilch häufig erfolgt, oder in allen anderen Fällen in Kombination mit Silagen, um zusätzliche Struktur in die Futterration zu bringen und die Futteraufnahme zu verbessern.

### 1.2 Vorteile von Belüftungsheu

Die Vor- und Nachteile von Belüftungsheu wurden ausführlich bei der [Landtechnisch-baulichen Jahrestagung 2015](#) in Marktoberdorf dargestellt [8]. Hier werden daher nur die wichtigsten und in der Literatur beschriebenen Vorteile kurz aufgelistet:

- Weniger Verluste bei der Heuwirtschaft. Beim Anwelken sind nur geringfügig höhere Verluste durch die etwas längere Feldliegezeit zu verzeichnen [7]. Bei den Gesamtverlusten inklusive Konservierungsverlusten liegt Belüftungsheu im günstigen Fall bei rund 5 % Verlusten im Vergleich zu Silage mit bis zu 20 % Verlusten, ebenfalls im günstigen Fall [4].
- Höhere Futteraufnahme bei Heufütterung und dadurch höhere Milchmenge, die aus dem Grundfutter erzeugt werden kann. Die Grundfutteraufnahme war im Vergleich zu Silage im durchgeführten Versuch um mehr als 1 kg Trockenmasse pro Tag signifikant höher [3].
- Höhere Eiweißqualität durch hohen Anteil an pansenstabilem Protein (ca. 40 % des Rohproteins) bei Belüftungsheu [3], [6].
- Geringer mikrobieller Besatz des Belüftungsheus mit verderbanzeigenden Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen [6]. Bei gelungener Heubelüftung ist der mikrobielle Besatz in der Regel nicht nachweisbar. In allen untersuchten Proben wurden die Orientierungswerte in allen Kategorien nicht überschritten.
- Höherer Milchpreis für Heumilch [5]. Sowohl konventionell erzeugte Heumilch als auch ökologisch erzeugte Heumilch können bei entsprechender Vermarktung Aufpreise zur Standardmilch erzielen.

Ein entscheidender Vorteil speziell in Bezug auf die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zur Heubelüftung ergibt sich aus der Jahreszeit, in der Belüftungshau geworben wird. I. d. R. stehen von Mai bis Oktober überschüssige Wärmemengen für die Belüftungshautrocknung zur Verfügung, wodurch eine zusätzliche Auslastung bei der Wärmenutzung erzielt werden kann. Etliche Beispiele aus der Praxis zeigen auch, dass es gut umsetzbar ist, eine Ballenbelüftungsanlage mit einer Hackschnitzel- bzw. Scheitholzheizung zu kombinieren um somit insgesamt eine höhere Auslastung zu erhalten.

### 1.3 Vermarktung als Heumilch

Häufig wird im Zusammenhang mit Belüftungshau die spezielle Form der Vermarktung als Heumilch genannt. Wie bereits erwähnt, kann durch die Vermarktung als Heumilch in der Regel mit einem Aufpreis gerechnet werden. Die Erzeugung von Heumilch erfordert aber die Einhaltung des sogenannten Heumilchregulativs. Zudem ist der Begriff Heumilch von Seiten der EU mit dem Gütesiegel „garantiert traditionelle Spezialität“ (g. t. S.) geschützt, was eine entsprechende Akkreditierung erfordert [1] und [2]. Aktuelle Hinweise zur Erzeugung und Vermarktung der [g. t. S. Heumilch sind im Internet](#) verfügbar.

Die Möglichkeit der Vermarktung als Heumilch ist derzeit nur für wenige Landwirte gegeben. Ausschlaggebend ist, ob die örtliche Molkerei bzw. eine Molkerei in deren Erfassungsgebiet der Landwirt liegt, Heumilchprodukte herstellt und somit einen Aufpreis zahlen kann. Derzeit gibt es bereits einige Landwirte, die Heumilch produzieren, obwohl sie diese nicht als solche vermarkten und somit keinen Aufpreis erhalten.

## 2 Stand der Technik

### 2.1 Basiswissen zur Rundballen-, Quaderballen- und Boxenbelüftung

Soll Material im Lohn getrocknet werden, eignen sich Rundballen oder Quaderballen für den Warenumschlag und –transport besser. Bei Untenbelüftungssystemen, die häufig als Eigenbaulösung erstellt werden (Abbildung 1), müssen die Ballen zur schnelleren Trocknung nach ca. 12 Stunden i. d. R. einmal gewendet werden. Dies ist bei der Anlagenplanung und bei den Verkehrsflächen entsprechend zu berücksichtigen. Bei Belüftungssystemen, die den Ballen einklemmen (Abbildung 2) und von unten und oben gleichzeitig belüften (z. B. Firma Henkel oder Firma ClimAir) ist ein Wenden der Ballen nicht notwendig. Zudem bieten diese Systeme den Vorteil, dass kein Gebäude notwendig ist und die Systeme modular erweiterbar sind. Etliche Landwirte betreiben beide Systeme (Boxen- und Ballenbelüftung), um die großen Mengen in den Boxen zu belüften und kleinere Mengen (z. B. von Weiden) oder im Lohn flexibel als Ballen zu belüften.

Allgemeine Richtlinien zur Heubelüftung wurden von [1] und [9] sowohl für Boxenbelüftungen als auch für Rundballenbelüftungen veröffentlicht (siehe auch [Literaturhinweis des Biogas Forum Bayern](#)). Daher werden die Anforderungen an die Heubelüftungstechnik im Folgenden aus den genannten Quellen kurz zusammengefasst, teils um spezielle Punkte zur Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung ergänzt und/oder bayerische Besonderheiten hervorgehoben.

**Trocknungsdauer:** Die wichtigste Größe im Zusammenhang mit einer Heubelüftungsanlage ist die maximale Trocknungszeit bis zum Erreichen der geforderten Lagerungsfeuchte von 86 - 87 % Trockensubstanz- (TS-) Gehalt. Ziel sollte es sein, in der Box das mit rund

60 % TS-Gehalt eingefahrenes Material in 40 h, maximal jedoch in 60 h gleichmäßig zu trocknen. Bei Rund- oder Quaderballensystemen sollte das Material frühestens mit 65 % TS-Gehalt gepresst werden, da ansonsten zu hohe Dichten im Ballen erreicht werden, wodurch die Belüftungstrocknung erschwert wird. Durch den höheren TS-Gehalt bei der Ernte werden Rund- und Quaderballen i. d. R. innerhalb von 24 Stunden getrocknet.



Abbildung 1: Selbstzentrierende Rundballenluftauslässe für variierende Ballengrößen einer hofeigenen Rundballenbelüftungsanlage (Bildquelle: S. Jakschitz-Wild, LfL)

**Trocknungstemperatur:** Bei allen Systemen ist darauf zu achten, dass die Trocknungsluft Temperaturen von 40 bis 45 °C nicht überschreitet, da bei höheren Temperaturen das Eiweiß geschädigt werden kann und somit der Futterwert des Belüftungsheus gemindert würde. Es sollte der gesamte Stock bzw. Ballen gleichmäßig von der warmen Luft durchströmt werden, damit sich keine feuchten Nester bilden, die dann zu schimmeln beginnen. Die genannten Werte stellen Faustzahlen dar, die aufgrund des sehr stark variierenden Erntematerials vom Grünland eine große Spannweite haben.

**Dimensionierung Heubox:** Für die Dimensionierung einer Heubelüftungsanlage ist die Kenntnis über die Erträge v. a. beim ersten und zweiten Schnitt essentiell. Der Heubedarf für die Herde ist weiterhin für die insgesamt zu erntende Fläche ausschlaggebend. Bei einer Überdimensionierung wird unnötig Geld in teure Technik investiert und bei einer Unterdimensionierung leidet die Futterqualität oder man muss Teilerntemengen silieren. Ein guter Kompromiss bezüglich der Investitionskosten in die Technik und die Schlagkraft der Heubelüftungsanlage ist es daher, wenn man den ersten bzw. zweiten Schnitt in jeweils drei Chargen erntet und belüftet. Je Charge sollen zwischen 14 und 24 m<sup>2</sup> Boxenfläche oder mindestens 30 m<sup>3</sup> Boxenvolumen pro ha gemähte Fläche zur Verfügung stehen [1].

**Dimensionierung Rundballen:** Bei Rundballentrocknungen sollte man maximal 20 Luftauslässe, also Ballen, pro Lüftungskanal vorsehen (Abbildung 1). Dabei ist zu beachten, dass der Lüfter einen höheren Druck als bei der Boxenbelüftung erzeugen muss, da die Rundbal-

len dichter gepresst sind. Bei einer Ballenbelüftung ist mit 1600 Pa (0,016 bar) statischem Druck im Belüftungskanal zu rechnen [9]. Generell ist zu bedenken, dass das Ballenverfahren die teurere Lösung ist und nur zum Einsatz kommen sollte, wenn man Belüftungsheu ergänzend zu Silage füttern möchte. Dass die gesamte Winterfuttermenge als Ballen belüftet wird, dürfte daher die Ausnahme sein.



Abbildung 2: Belüftungssystem für Quaderballen der Firma Henkel (auch für Rundballen verfügbar) mittels Kraft-Wärme-Kopplung über ein biogasbetriebenes BHKW (Bildquelle: S. Henkel, Henkel)

### Dimensionierung Radialventilator

Das Herzstück jeder Anlage ist der Radialventilator, der den nötigen Luftdurchsatz von 0,07 bis 0,11 m<sup>3</sup>/s und m<sup>2</sup> Stockfläche durch den Heustock bzw. Ballen gewährleisten muss. Bei der Auslegung des Radialventilators ist darauf zu achten, dass er den notwendigen Druck unter dem Heustock genauso wie den notwendigen Ansaugdruck bei der geforderten Luftmenge im optimalen Betriebspunkt liefern kann.

**Sonnenkollektoren:** Die Nutzung von Sonnenkollektoren z. B. in Form einer Unterdachabsaugung sollte bei jeder Heubelüftungsanlage mit eingeplant und wenn irgendwie möglich auch realisiert werden. Die durch die Sonneneinstrahlung erzeugte Wärme ist in der Regel die günstigste Wärme für die Heutrocknung. Allerdings steht die solare Wärme nur an schönen Tagen zur Verfügung, weshalb man nicht umhinkommt, für eine effiziente Trocknung auch eine Lösung für schlechtes Wetter und vor allem für die Nacht zu haben. Im Vergleich zu anderen Ländern ist in Deutschland vermehrt Wärme aus Blockheizkraftwerken (BHKW), die als Kraft-Wärme-Kopplungsanlage bei vielen Biogasanlagen betrieben werden, gerade in den Monaten Mai bis Oktober verfügbar.

**Wärmespeicher:** Um die erforderliche Wärmemenge zum Zeitpunkt des Heutrocknens zur Verfügung zu haben, kann die Wärme auch mittels z. B. eines Wasserspeichers vorübergehend gespeichert werden. Für die Belüftungstrocknung ist für die erste Nacht (12 Stunden) eine Wassermenge von ca. 0,75 m<sup>3</sup> pro m<sup>2</sup> Boxenfläche erforderlich. Die so gespeicherte Energie reicht bei einer Temperaturspreizung im Wasserspeicher von 25 C (bei einer Belüftungsdauer von 12 Stunden) für die Trocknung von einem Quadratmeter Boxenfläche in der ersten Nacht aus.

**Eigenbau:** Viele Bauelemente von Heubelüftungsanlagen werden von den meisten Betrieben in Eigenleistung erstellt. Dazu gehören die Unterdachabsaugung, die Belüftungsboxen, die Belüftungskanäle zu den Boxen oder zu den Rundballen sowie der Lüfterraum mit Wärmetauscher und ggf. Entfeuchter-Wärmepumpe. Wichtig beim Eigenbau ist die richtige Dimensionierung z. B. der Luftkanäle oder die Höhe des Luftkanals unter der Dachhaut für die Unterdachabsaugung. Von Seiten des LFL-Instituts für Landtechnik und Tierhaltung ist für am Bau einer Heubelüftungsanlage interessierte Landwirte eine laufend aktualisierte [Liste von Hersteller- und Vertriebsfirmen](#) verfügbar.

## 2.2 Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung zur Heubelüftung

Bei der Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zur Trocknung im Allgemeinen und insbesondere zur Trocknung von Heu ist eines der Hauptprobleme die oft zu geringe Wärmeleistung der Geräte um eine ausreichende Schlagkraft beim Trocknen zu generieren. Somit sind viele Energiequellen bisher gar nicht oder nur unzureichend genutzt. Generell wird bei der Heutrocknung mittels Kraft-Wärme-Kopplung die bei der Stromerzeugung z. B. über ein biogas- oder holzgasgetriebenes BHKW erzeugte Wärme für die Luftanwärmung genutzt. I. d. R. wird dabei Frischluft angewärmt und dann durch den Heustock gedrückt, um das Heu zu trocknen. Pro m<sup>2</sup> Boxenfläche ist eine thermische Leistung von mindestens 1,5 kW erforderlich.

Neben dem mit regenerativen Energien betriebenen BHKW zur Stromerzeugung können auch heizölbetriebene Aggregate oder vorhandene Kapazitäten eines Hackgutkessels zur (meist zusätzlichen) Luftanwärmung herangezogen werden. Auch der Strom von mit Heizöl betriebenen BHKWs kann für den Lüfter, einen Entfeuchter und ggf. für weitere Technik eingesetzt werden. Ebenso ist es möglich die Abwärme eines heizölbetriebenen Dieselmotors, der als Direktantrieb für den Lüfter verwendet wird zu nutzen.

## 2.3 Nutzung von Wärmerückgewinnungssystemen zur Leistungssteigerung

Bei einer konventionellen Trocknung wird die erwärmte Luft von unten in den Heustock eingeblasen. Diese warme Luft wird, nachdem sie den Heustock verlassen hat, als warme Abluft an die Umgebung abgegeben. Mit einer Wärmerückgewinnungsanlage können bis zu 65 % der eingespeisten Wärmeenergie zurückgewonnen werden.

Die Wärmerückgewinnung wird über das Kreuzen zweier Luftvolumenströme (hier Zu- und Abluft) über einen sogenannten Kreuzplattenwärmetauscher bewerkstelligt (Abbildung 3). Dabei vermischen sich die beiden Luftströme nicht. Sie tauschen lediglich ihre Energie in Form von Wärme aus. Dieses System kennt man bereits aus den Abluftsystemen von z.B. Schweinemastbetrieben oder aus dem Bau von Passivhäusern.

Um eine Wärmerückgewinnungsanlage (WRG) in einem Heustock sinnvoll integrieren zu können, müssen einige bauliche Voraussetzungen geschaffen werden. Als Grundsatz gilt, dass die WRG nur so viel an Wärme zurückgewinnen kann, wie auch zu ihr gelangt. Verlustwärme kann dementsprechend nicht zurückgewonnen werden. Das Gebäude sollte daher möglichst dicht aufgebaut sein. Auch sollte darüber nachgedacht werden, wie die Wärmeverluste über die Gebäudehülle minimiert werden können. Beides wird in Kapitel 3 näher betrachtet.

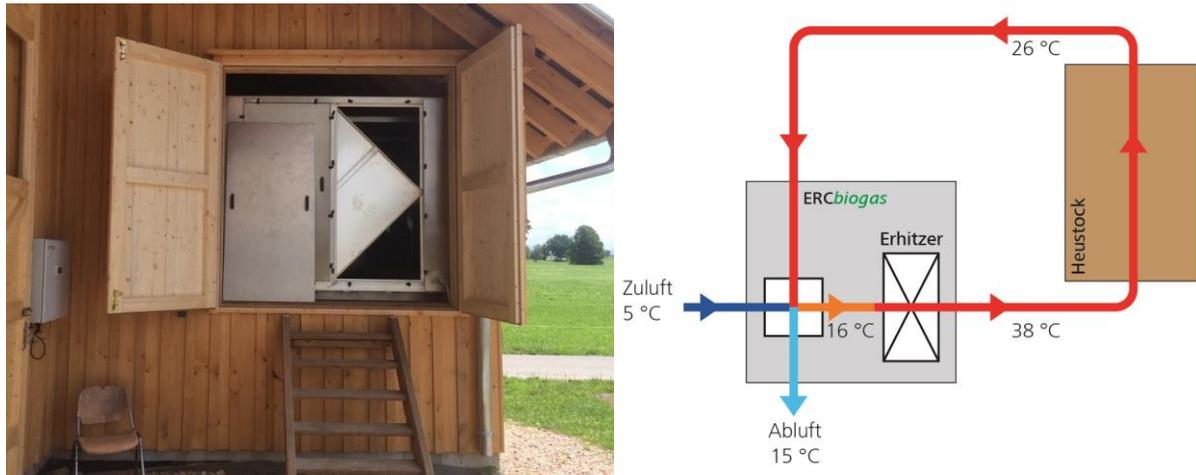


Abbildung 3: Beispielsbetrieb: Anbau mit Wärmerückgewinnungssystem (Kreuzplattenwärmetauscher = schräg gestellter „Würfel“) und Steuerung der Anlage (linkes Bild; Bildquelle: A. Schneider, Arwego); Schemazeichnung der Funktionsweise des Kreuzplattenwärmetauschers (rechtes Bild; Quelle: A. Schneider, Arwego)

Anders als bei Entfeuchteranlagen oder Anlagen ohne Wärmerückgewinnung wird bei WRG-Anlagen die Abluft des Heustocks mittels Axialventilatoren zum Wärmetauscher der WRG zwangsgeführt (Abbildung 4). So kann sichergestellt werden, dass die Abwärme nicht über Undichten am Heustock nach außen gelangt und somit die maximale Wärmeenergie zurückgewonnen werden kann. Die Zuluft des Heustocks wird über einen Radialventilator in einen unter dem Heustock liegenden Rost eingeblasen. Der Radialventilator zieht seine Frischluft zur Vorerwärmung ebenfalls über den Wärmetauscher der WRG.



Abbildung 4: Beispielsbetrieb: Anbau mit Wärmerückgewinnungssystem, Axialventilatoren zur aktiven Absaugung der Abluft über dem Heustock durch den Wärmetauscher (Bildquelle: A. Schneider, Arwego)

Beispiel: Ein Betrieb möchte 18 ha Grünland als Anwelkgut zur Bereitung von getrocknetem Grünfutter einbringen. Die Fläche wird bei der Mahd zum ersten Schnitt auf drei Chargen aufgeteilt, da Heubelüftungsanlagen i. d. R. so dimensioniert sind, dass rund ein Drittel der Fläche beim ersten Schnitt getrocknet werden kann. Dazu hat er eine Heubox mit 100 m<sup>2</sup> Grundfläche. Diese belüftet er tagsüber mit der Wärme aus seiner Unterdachabsaugung (UDA). Zusätzlich wird die Luft aus der UDA mittels Abwärme eines biogasbetriebenen BHKW mit dann insgesamt 145 kW (200 m<sup>2</sup> Unterdachabsaugung á 350 W/m<sup>2</sup> = 70 kW + 75 kW Überschusswärme vom biogasbetriebenen BHKW) angewärmt.

Nachts erhalten wir zu Beginn der Trocknung insgesamt ca. 270 kW (75 kW biogasbetriebenes BHKW plus 175 kW WRG). Die hohe Leistung der WRG (Abbildung 5) ergibt sich aus der hohen Abwärmeleistung des Heustocks. Diese setzt sich wie folgt zusammen:

- Die im Heu mitgebrachte und gespeicherte Wärme. Dieser Effekt kommt v. a. in der ersten Nacht des Trocknungsvorgangs zum Tragen.
- Die über den restlichen Tag eingebrachte Belüftungswärme (biogasbetriebenes BHKW und UDA).
- Durch die Abkühlung der Außenluft erhöht sich die Temperaturdifferenz zum Heustock. Je größer die Temperaturdifferenz, desto größer die Leistung eines Wärmetauschers.

Maximale Leistung mit Wärmerückgewinnung

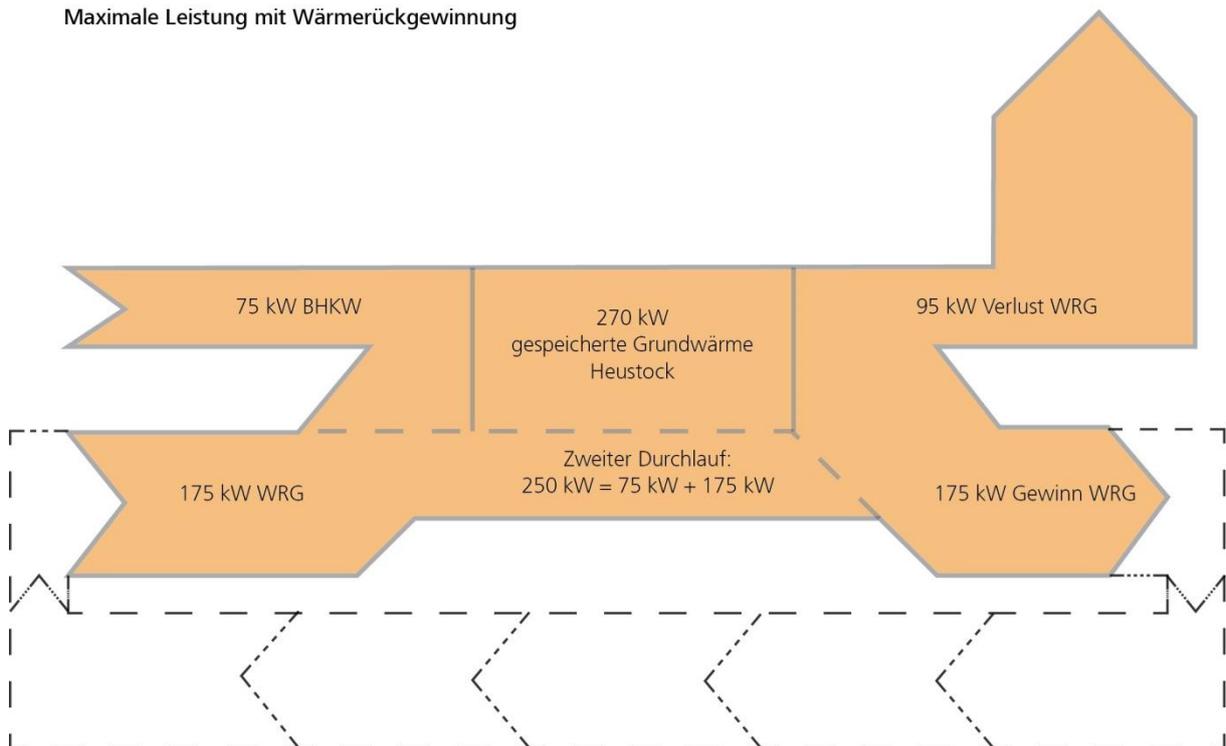


Abbildung 5: Sankey-Diagramm zur maximalen Leistung der Wärmerückgewinnung (Quelle: A. Schneider, Arwego)

Die minimale Leistung der Heutrocknung liegt rechnerisch bei ca. 123,75 kW Wärme (75 kW Überschusswärme aus seinem BHKW der Biogasanlage und zusätzlich 48,75 kW aus der WRG (Abbildung 6)). Die Axialventilatoren der WRG werden elektrisch betrieben (Abbildung 4). Da die Frischluft während des gesamten Betriebs aus der UDA gezogen

wird, erhält man tagsüber die Wärme aus der UDA und nachts zusätzlich die Abwärme, die ansonsten über die Dachhaut verloren gehen würde. Die Anwärmung der Einblasluft liegt somit immer über 10 K. Mit einem Wärmerückgewinnungssystem können derart bis zu 65 % der eingesetzten Wärmeenergie zurückgewonnen werden. So erhält der Landwirt die Möglichkeit, bisher weitgehend ungenutzte Kapazitäten gewinnbringend einzusetzen. Das System ermöglicht es, mit bisher zu leistungsschwachen Energiequellen wie z. B. einer 75 kW<sub>elektrisch</sub> Biogasanlage die gewünschte Trocknungsleistung zu erreichen.

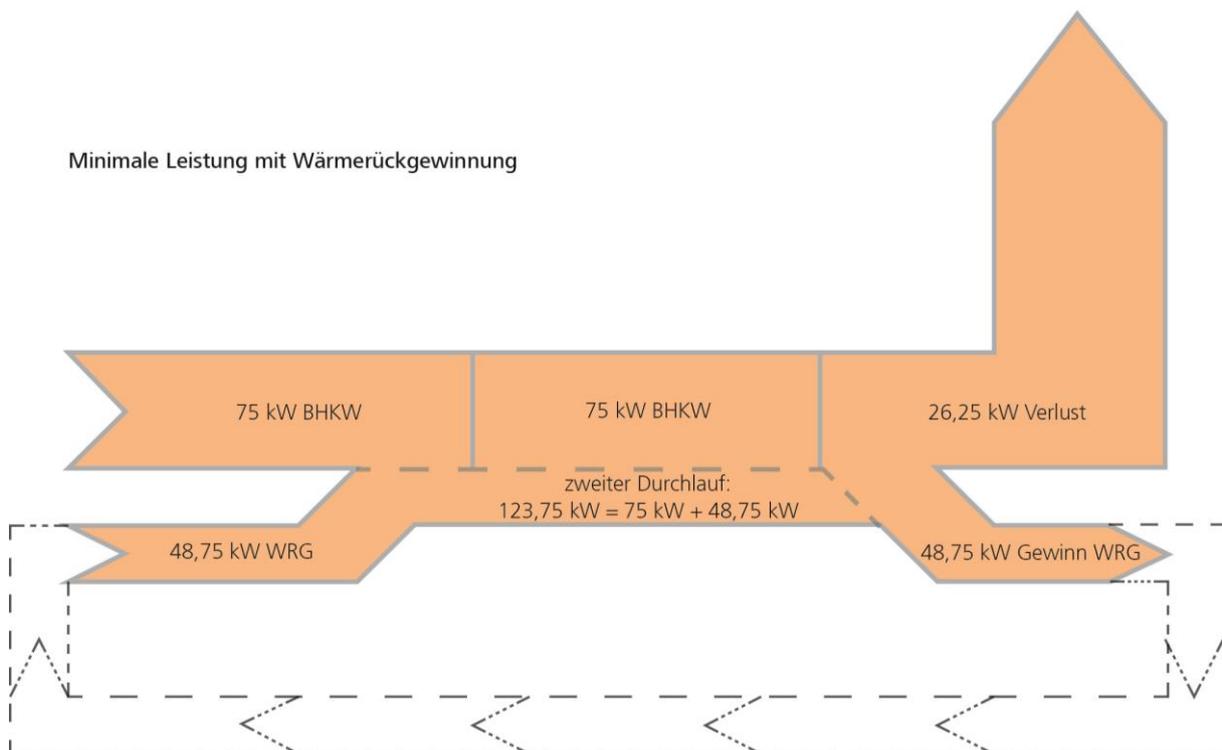


Abbildung 6: Sankey-Diagramm zur minimalen Leistung der Wärmerückgewinnung (Quelle: A. Schneider, Arwego)

### 3 Heubelüftungshalle

#### 3.1 Anforderungen an die Heubelüftungshalle

Beim Bau von Heubelüftungshallen ist sowohl für die aufgehende Gebäudekonstruktion als auch für Bauteile des Ausbaus, wie Heuboxen und Kanäle, der Baustoff Holz weit verbreitet und empfehlenswert. Messungen an realisierten Anlagen im Rahmen eines Forschungsprojektes und begleitende hygrothermische Simulationen haben gezeigt, dass bei ausreichender thermischer Leistung und Luftdurchsatz der Heutrocknung und bei sorgfältiger Planung des Gebäudes und der Anlage die Verwendung von Holz als Baumaterial unkritisch ist. Da allerdings bei Trocknungsprozessen im Gebäude hohe Luftfeuchten auftreten und der Kontakt von feuchter Luft mit kühleren Bauteilen zu Tauwasserausfall führt, sollten verschiedene Grundsätze bei der Planung einer Trocknungsanlage beachtet werden.

In den Bereichen, in denen das feuchte Trocknungsgut in direktem Kontakt zu Bauteilen steht, wie bei Heuboxen und Kanälen, sollten unbedingt feuchtebeständige Materialien, wie OSB 3/4 Platten, verzinkte Bleche oder Betonbauteile verwendet werden. Bei Holzbauteilen wie OSB 3/4 Platten, muss darauf geachtet werden, dass die Teile nicht über einen längeren

Zeitraum hohen Feuchten ausgesetzt sind und dass nach Abschluss des Trocknungsbetriebs diese Bauteile wieder ausreichend abtrocknen können. Dies kann durch einen kurzfristigen Betrieb der Anlage ohne Trocknungsgut unterstützt werden.

Statisch relevante Bauteile wie Stützen und Dachbalken dürfen nicht direkt in Kontakt mit dem Trocknungsgut gelangen oder dauerhaft im Bereich von feuchter Abluft liegen. Dies kann durch eine räumliche Trennung von Heuboxen und Kanälen von tragenden Bauteilen oder durch eine kontrollierte Luftführung in dichten Kanälen, getrennt von tragenden Bauteilen, erreicht werden. Auch das Aufbringen einer zusätzlichen, wenn möglich hinterlüfteten Schalung an feuchtebeanspruchten Bauteilen, die in regelmäßigen Abständen auf Schäden kontrolliert und ausgetauscht werden kann (Opferholz), ist eine Möglichkeit tragende Holzbauteile zu schützen.

Durch den Einbau einer Wärmedämmung an der Außenseite von feuchtebeanspruchten Bauteilen, wie Kanälen und Heuboxen wird erreicht, dass die Temperatur dieser Bauteile steigt und somit die Gefahr der Tauwasserbildung sinkt. Dabei ist allerdings unbedingt darauf zu achten, dass die Wärmedämmung auf der kalten und trockenen Seite des Bauteils verwendet wird, das luftführende Bauteil möglichst dicht ist und einen hohen Wasserdampfdiffusionswiderstand aufweist, damit möglichst keine feuchte Luft durch die Wärmedämmung gelangen kann. Auch hier haben sich Bauteile aus OSB 3/4 Platten mit Nut- und Feder Verbindungen und verspachtelten Stößen sowie Kanäle aus verzinkten Blechen bewährt.

### 3.2 Energieeinsparungsmöglichkeiten durch Dämmung

Neben bauphysikalischen Vorteilen, kann die Verwendung einer Wärmedämmung auch Vorteile hinsichtlich der Energieeffizienz des Trocknungsvorgangs haben. Da Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann, wenn sie erwärmt ist, läuft der Trocknungsvorgang schneller und damit effizienter ab, wenn die Luft auf dem Weg durch die Anlage möglichst wenig Wärme verliert.

In der Planungsphase sollte darauf geachtet werden, die wärmeübertragende Umfassungsfläche durch kurze Leitungswege und kompakte Bauformen möglichst klein zu halten. Durch die Verwendung von Wärmedämmung wird der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) des Bauteils verbessert und damit der Wärmedurchgang reduziert. Die Höhe des Wärmeverlustes der Gesamtanlage ist aber nicht nur vom U-Wert des Bauteils und der Größe der Umfassungsfläche, sondern auch von der Temperaturdifferenz an den Bauteiloberflächen abhängig. So haben Berechnungen des Wärmeenergiebedarfs gezeigt, dass die Einsparmöglichkeit durch die Verwendung von 6 cm Wärmedämmung ( $\lambda = 0,039 \text{ W/m K}$ ), wie z. B. Holzfaserdämmplatten oder Mineralwolle bei einer Solltemperatur von 42 C in der Trocknungsbox zwischen 12 % im Juni und 18 % im November liegt. Bei Verwendung von 12 cm Wärmedämmung liegt diese bei 16 % im Juni und 26 % im November. Die Entscheidung, ob und wieviel Wärmedämmung beim Bau einer Trocknungsanlage verwendet werden soll, muss also in Abhängigkeit der geplanten Betriebszeiten gefällt werden.

Neben den Energieverlusten durch Wärmeleitung sind aber auch die Lüftungswärmeverluste zu beachten. Die Effizienz eine Trocknungsanlage ist wesentlich von der Dichtheit der luftführenden Bauteile abhängig. Hier sollte auf die Verwendung von Dichtlippen an Klappen und Toren sowie auf das Schließen von Bauteilfugen und -stößen geachtet werden.

## 4 Fördermöglichkeiten

### 4.1 Flächenförderung über KULAP-Prämie

Über eine Flächenprämie von derzeit 100 €/ha wird die Heugewinnung zur Heumilcherzeugung und damit der Verzicht auf den Einsatz von Silage im gesamten Betrieb gefördert. Die Prämie wird für Grünlandflächen und die Ackerfutterfläche gezahlt. Da es sich um eine Maßnahme zur extensiven Futtergewinnung handelt, ist eine Förderung nur in Kombination mit der „Extensiven Grünlandnutzung“ oder dem „Ökolandbau“ möglich. Weiterhin ist die Förderung an die Milcherzeugung gebunden [10].

### 4.2 Investitionsförderung über BaySL

Über das Bayerische Sonderprogramm Landwirtschaft (BaySL) werden Investitionen in Heubelüftungstrocknungen mit angewärmter Luft auf Basis regenerativer Energien gefördert. Hierbei werden alle technischen Komponenten, die für eine Boxen- oder Ballentrocknung notwendig sind, mit derzeit 25 % der Nettoinvestitionssumme bezuschusst. Für Biogasanlagen erfolgt die Förderung ab dem Wärmetauscher und ist nur möglich, wenn die ausgekoppelte Wärme nicht KWK-bonusfähig ist und die Anlage keiner Wärmenutzungspflicht unterliegt. Biogasanlagen der 75 kW Sonderklasse ab EEG 2012 sind damit generell antragsberechtigt [11]. Weitere Informationen zum [BaySL sind beim StMELF im Internet](#) verfügbar.

### 4.3 Energieeffizienzförderung über die BLE

Über das „Bundesprogramm zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau“ können über ein Online-Antragsverfahren Fördermittel abgerufen werden. Effizienzsteigerungen bei Trocknungsanlagen werden über den Programmteil „Systemische Optimierung (Modernisierung) von Bestandsanlagen“ gefördert. Über ein Energieeinsparungskonzept, erstellt durch einen von der BLE zugelassenen Gutachter, muss eine Einsparung von mindestens 25 % nachgewiesen werden. Eine Maßnahme zur Effizienzsteigerung ist hier zum Beispiel die Wärmerückgewinnung aus dem Abluftstrom über Kreuzstromwärmetauscher oder der Einsatz eines Entfeuchters. Je nach Einsparpotential sind derzeit Förderquoten bis zu 30 % der Nettoinvestitionskosten vorgesehen. Im Neubau können Niedrigenergie-Trocknungsanlagen für Heu mit 20 % gefördert werden, wenn eine Energieeinsparung von 40 % durch eine Wärmerückgewinnung über ein Gutachten nachgewiesen wird. Konkrete Informationen zum [Förderprogramm sind b. d. Bundesanstalt f. Landwirtschaft und Ernährung \(BLE\)](#) im Internet abrufbar [12]. Das Förderprogramm läuft derzeit bis Ende 2018.

## 5 Ausblick

Im Rahmen eines vom bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) geförderten Projekts (Förderkennzeichen: A/15/03) wurde eine Versuchsheubelüftungsanlage am Betrieb Hübschenried des Lehr-, Versuchs- und Fachzentrums Achselschwang errichtet. In der Saison 2018 werden mit Hilfe dieser Anlage erstmals konkrete Zahlen zum Energiebedarf (Strom, Wärme) sowie zur Trocknungsleistung einer modernen Heubelüftungsanlage erhoben. Dabei stehen zwei Boxen für den direkten Vergleich der Heutrocknung mittels Entfeuchter oder mittels KWK und WRG zur Verfügung. Basierend auf diesen Ergebnissen wird anschließend die Wirtschaftlichkeit der Heutrocknung mittels Entfeuchter oder KWK und WRG betrachtet. Die Ergebnisse dieser Studie liegen noch nicht vor.

## 6 Weiterführende Literatur

KTBL (2017): Belüftungsheu Qualität – Verfahren – Kosten. KTBL Heft 116, Darmstadt 2017, 61 S.

ÖKL (2017): Heutrocknung Technische Grundlagen für die Bauplanung. Landtechnische Schriftenreihe 236, Wien 2017, 63 S.

Homepage zum Projekt Effiziente Heubelüftung des Instituts für Landtechnik und Tierhaltung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, unter:  
<https://www.lfl.bayern.de/ilt/pflanzenbau/gruenland/162738/index.php>

## Literatur

- [1] Aschauer, C., S. Jakschitz-Wild, M. Kittl, K. Neuhofer, F. Nydegger, J. Ostertag, A. Pöllinger, R. Resch, S. Thurner und G. Wirleitner (2014): Richtlinien für Heubelüftungsanlagen. Eine fachgerechte Planung sichert den Erfolg und spart Kosten. Agroscope Transfer, Nr. 38/2014, Hrsg: Agroscope, 8 S. Online verfügbar unter:  
<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/publikationen/suchen/agroscope-transfer.html> (Zuletzt aufgerufen am 14.02.2017)
- [2] Durchführungsverordnung (EU) 2016/304 der Kommission vom 2. März 2016 zur Eintragung einer Bezeichnung in das Register der garantiert traditionellen Spezialitäten [Heumilch/Haymilk/Latte fieno/Lait de foin/Leche de heno (g. t. S.)], Aktuelle Informationen können beim Institut für Markt und Ernährung (IEM) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft unter <https://www.lfl.bayern.de/iem/herkunftsbezeichnungen/159399/index.php> abgerufen werden. (Zuletzt aufgerufen am 18.12.2017)
- [3] Fasching, C., L. Gruber, B. Mietschnig, A. Schauer, J. Häusler und A. Adewöhrer (2015): Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf Futteraufnahme und Milchproduktion im Vergleich zu Grassilage. In: Tagungsband zur 42. Viehwirtschaftlichen Fachtagung am HBLFA Raumberg-Gumpenstein am 25. und 26. März 2015, S. 67 – 74. Online verfügbar unter: <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/viewdownload/2734-viehwirtschaftstagung-2015/27144-einfluss-verschiedener-heutrocknungsverfahren-auf-futteraufnahme-und-milchproduktion-im-vergleich-zu-grassilage.html> (Zuletzt aufgerufen am 14.02.2017)
- [4] Hoffmann, M. (2016): Einfluss von getrocknetem Grünfutter in Rationen für Milchkühe auf Futtereffizienz und Tiergesundheit. In: Hofeigene Heubelüftungsanlagen, LfL Information, Tagungsband zum 2. Infotag „Hofeigene Heubelüftungsanlagen“ des ILT am 16.03.2016 in Grub, S. 37 - 64. Online verfügbar unter: [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/tagungsband\\_heubelueftungsanlagen\\_2016.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/tagungsband_heubelueftungsanlagen_2016.pdf) (Zuletzt aufgerufen am 14.02.2017)
- [5] Huber, L., U. Heyne und E. Kastner (2015): Qualitätstrends in der bayerischen Milchwirtschaft und ihre Perspektiven. In: DMW – Die Milchwirtschaft, Jg. 6, Heft 11, 2015, S. 397 – 402.

- [6] Jakschitz-Wild, S. und S. Thurner (2015): Bericht aus dem bayerischen Pilotbetriebsnetzwerk mit hofeigenen Heubelüftungsanlagen. In: Hofeigene Heubelüftungsanlagen, LfL Information, Tagungsband zum 1. Infotag „Hofeigene Heubelüftungsanlagen“ des ILT am 30.09.2015 in Grub, S. 7 - 24. Online verfügbar unter:  
[https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/tagungsband\\_hofeigene\\_heubelueftung\\_sanlagen\\_2015\\_web.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ilt/dateien/tagungsband_hofeigene_heubelueftung_sanlagen_2015_web.pdf) (Zuletzt aufgerufen am 14.02.2017)
- [7] Pöllinger, A. (2014): Heutrocknungsverfahren im Vergleich. In: Tagungsband zum 19. Alpenländischen Expertenforum am LFZ Raumberg-Gumpenstein am 03. April 2014, S. 35 – 44. Online verfügbar unter: <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/viewdownload/1907-expertenforum-2014/16594-heutrocknungsverfahren-im-vergleich.html> (Zuletzt aufgerufen am 14.02.2017)
- [8] Thurner, S. und S. Jakschitz-Wild (2015): Heubelüftung: Ein altes Verfahren? – Stand der Technik und neue Entwicklungen. In: Milchviehhaltung - nachhaltig und zukunftsorientiert, LfL-Schriftenreihe, Tagungsband zur landtechnisch – baulichen Jahrestagung am 26. November 2015 in Markt Oberdorf, Hrsg. Dr. Georg Wendl, S. 61 – 78. Online verfügbar unter:  
[https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/milchviehhaltung-nachhaltig-zukunftsorientiert\\_lfl-schriftenreihe.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/milchviehhaltung-nachhaltig-zukunftsorientiert_lfl-schriftenreihe.pdf) (Zuletzt aufgerufen am 14.02.2017)
- [9] Wirleitner G. und U. Wyss (2015): Richtlinien zur Trocknung von Rundballen. Agroscope Transfer Nr. 91/2015, Hrsg: Agroscope, 8 S. Online verfügbar unter:  
<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/publikationen/suchen/agroscope-transfer.html> (Zuletzt aufgerufen am 14.02.2017)
- [10] Gemeinsame Richtlinie vom Dezember 2016, Geschäftszeichen G4-7292-1/1018, der Bayerischen Staatsministerien für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) und für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV), zur Förderung von Agrarumwelt-, Klima- und Tierschutzmaßnahmen (AUM) in Bayern
- [11] Richtlinie Bayerisches Sonderprogramm Landwirtschaft, Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten vom 12.04.2017 Az.: G4-7271-1/917. Online verfügbar unter <http://www.stmelf.bayern.de/agrapolitik/foerderung/021130/> (Zuletzt aufgerufen am 18.12.2017)

- 
- [12] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau vom 22. August 2016. Online verfügbar unter [http://www.ble.de/DE/Themen/Klima-Energie/Bundesprogramm-Energieeffizienz/bundesprogramm-energieeffizienz\\_node.html](http://www.ble.de/DE/Themen/Klima-Energie/Bundesprogramm-Energieeffizienz/bundesprogramm-energieeffizienz_node.html) (Zuletzt aufgerufen am 18.12.2017)

Bildquelle Titelseite: S. Jakschitz-Wild, LfL

**Zitiervorlage:**

Turner, S; Simon, J; Stötzel, P, Ohmayer, G und A. Schneider (2017): Möglichkeiten der Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung zur Heubelüftung Teil 1: Technische und bauliche Grundlagen, Förderung. In: Biogas Forum Bayern Nr. V - 27/2017, Hrsg. ALB Bayern e.V., [LINK], Stand [Abrufdatum].

Das „Biogas Forum Bayern“ ist eine Informationsplattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern.

## **Arbeitsgruppe V (Betriebs- und volkswirtschaftliche Bewertung)**

hier erarbeiten Experten Fachinformationen zu folgenden Themen:

- Gesetzliche und politische Rahmenbedingungen
- Betriebswirtschaft
- Volkswirtschaft
- Organisation und Management
- Finanzierung

## **Mitglieder der Arbeitsgruppe**

- **Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Rosenheim**
- **Bayerischer Bauernverband**
- **Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie**
- **Biogasanlagenbetreiber**
- **Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Energie-Netzwerk e.V. (C.A.R.M.E.N.)**
- **Fachverband Biogas e.V.**
- **Landesanstalt für Landwirtschaft**  
Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
- **OmniCert GmbH**
- **Technische Universität München**



### **Herausgeber:**

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik  
und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.  
Vöttinger Straße 36  
85354 Freising  
Telefon: 08161/71-3460  
Telefax: 08161/71-5307  
Internet: <http://www.biogas-forum-bayern.de>  
E-Mail: [info@biogas-forum-bayern.de](mailto:info@biogas-forum-bayern.de)