



# **Einsatz moderner, energieeffizienter Heubelüftungstechnik in der Berglandwirtschaft**

Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Stefan Thurner

---

# Gliederung

---

1. Anforderungen an Heubelüftungsanlagen
2. LfL-Projekt „Effiziente Heubelüftung“
3. Was ändert sich bei der Umstellung auf Belüftungsheu?
4. Vergleich Boxen – Rundballenbelüftung
5. Ökonomik der Heubelüftung
6. Wo liegen Stärken und Schwächen von Belüftungsheu?
7. Zusammenfassung

# Einleitung - Heumilch



- Bayern: 0,8 % der Milch = Heumilch → steigend
  - 2012: 54 Mio. kg → 2014: 72,4 Mio. kg
  - Aufpreis für Heumilch konstant
  - Österreich: 16 %
  - Aufpreis für Heumilch konstant
  - Bioanbau: 18 ct/kg (2016)
  - Österreich: 25 %
  - Heumilchprodukte werden mehr und mehr in höheren Preissegmenten angeboten
- Heumilch ist in der Berglandwirtschaft immer schon erzeugt worden  
→ Nutzen Sie die derzeit guten Vermarktungsmöglichkeiten!

# Aktuelle Situation bei der Heubelüftung

---

- Thema Heubelüftung in der Praxis und Beratung weiterhin (auch überregional) stark nachgefragt → 70 Teilnehmer beim Heumilchtag in Aulendorf (Baden Württemberg) oder 110 Teilnehmer beim Sächsischen Futtertag zum Thema Trockengrün/Belüftungsheu in Nossen (Sachsen)
- Der Verkauf von Heubelüftungsanlagen läuft laut Firmenaussagen sehr gut
- Neue Fördermöglichkeiten:
  - Investitionsförderung für Heubelüftungsanlagen über BLE: „Bundesprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau“ (Förderquote 20 % auf Gebäude + Technik)
  - Weiterhin: Investitionsförderung für Heubelüftungsanlagen über BaySL und Förderung der Heumilcherzeugung über KULAP vom bayerischen StMELF

# Anforderungen an Heubelüftungsanlagen (I)

---

## Trocknungsparameter

- Nur junges, hochwertiges Futter gibt gutes Belüftungsheu!  
→ Schnittzeitpunkt wie bei Silage: Ähren + Rispenschieben!
- Erntematerial (Box ~60 % TS, Ballen ~65 % TS) vom Feld soll innerhalb von 40 (-60) Stunden auf Lagerfeuchte (~87 % TS) getrocknet werden → ab 60 % TS nehmen Brökelverluste sehr stark zu!
- Trocknungsluft: maximal 45 °C → bei höheren Temperaturen Eiweißschädigung (vor allem gegen Ende der Trocknung)
- Gleichmäßige Trocknung im gesamten Stock bzw. von allen Ballen → Ausreichende Luftmengen, keine feuchten Nester
- Trocknung muss auch nachts möglich sein → Energiequelle erforderlich (Abwärme, regenerative Wärme oder Strom)

# Verfahrensübersicht



# Radialventilator

- Radialventilatoren

- In der Regel einseitig saugend
- Rückwärts gekrümmtes Laufrad
- Statischer Druck max. 2200 Pa (Mitteldruck-RV, 22 kW)
- Volumenstrom 40.000 m<sup>3</sup>/h bei 1000 Pa
- Anschaffungspreis 15 bis 55 kW: 10.000 – 50.000 €



Bildquelle/Quelle: Firmendarstellung  
[www.dasslerventilatoren.info](http://www.dasslerventilatoren.info) 2014 und  
S. Jakschitz-Wild

# Anforderungen an Heubelüftungsanlagen (II)

## Boxenbelüftung oder Rundballentrocknung

- Nötige Boxenfläche, Boxenvolumen, Rundballenauslässe, Luftmenge und Druck → siehe Veröffentlichungen u. a. von Wirleitner et al. „Richtlinien für die Belüftungstrocknung von Heu“, „Richtlinien zur Trocknung von Rundballen“, KTBL-Heft 116 „Belüftungsheu Qualität – Verfahren – Kosten“
- Richtige Dimensionierung spart Investitionskosten und verhindert Misserfolge beim Belüften!
- Kenntnis der Erträge essentiell um Chargengröße (v.a. bei Rundballen) richtig zu mähen!
- Wichtig: feuchte, warme Luft steigt nach oben → Entlüftung über First!





# Boxenbelüftung



# Boxenbelüftung

- Bodenkonstruktion



Bildquelle/Quelle: Jakschitz-Wild (LfL) 2013

# Anforderungen an Heubelüftungsanlagen (III)

## Rundballentrocknung

- Meist von unten belüftet
- Statischer Druck um 1600 Pa
- Durchmesser Ballen 120 bis 170 cm
- Durchmesser Auslass -30 cm BallenØ
- Sollen gleichmäßig gewickelt sein
- Dichte: max. 130 kg TS/m<sup>3</sup>
- Min. 65% TS beim Pressen

→ Geeignet für kleinere Mengen  
z. B. Belüftung von einigen Ballen  
für Hochleistungskühe oder Kälber



Bildquelle: S. Jakschitz-Wild: : Strohballen (links), Wiesenheu (rechts)  
und Luzerneheu (im Vordergrund) Stefan Thurner ILT1b, 2017

# Rundballenbelüftung



# Anforderungen an Heubelüftungsanlagen (IV)

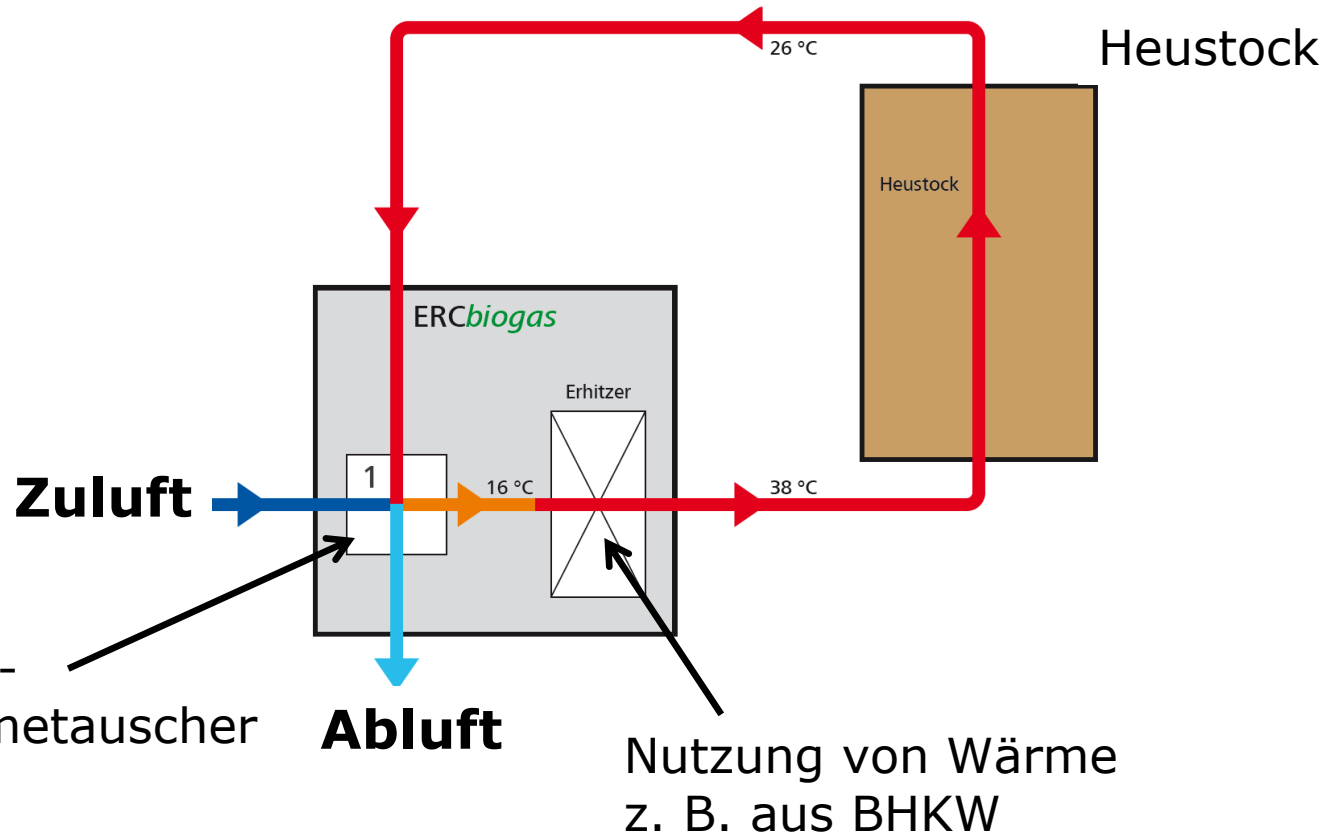
---

## Wärmequellen und Bau

- Sonnenkollektoren unbedingt nutzen → günstigste Wärmequelle am Tag!
- Planungswerkzeuge z. B. ART-SOKO für die richtige Dimensionierung der Unterdachabsaugung nutzen
- Wenn möglich Wärme für den Nachtbetrieb speichern (Wasserspeicher)
- Radialventilator + Entfeuchter-Wärmepumpe (Verhältnis Anschlusswert sollte 1:1-2 betragen) haben zusammen einen hohen Stromverbrauch → Wirtschaftlichkeit durchrechnen!
- Unnötige Winkel in den Ansaug- und Zuluftkanälen vermeiden → Druckverlust

# Wärmetauscher

- Nutzung der Wärme aus der Abluft für die Anwärmung der Zuluft → Doppelte Wärmenutzung verringert Wärmebedarf für die Gesamtanlage



# Luftentfeuchtung

- Wärmepumpen-Wärmetauscher / Entfeuchter
  - Meist: gleiche kW-Zahl wie RV, bei Dauer-Umluftbetrieb 2:1
  - Keine Wirkung bei rel. Luftfeuchte <40%
  - oder  $T < 10^{\circ}\text{C}$  → zusätzlich Vereisungsgefahr!
  - Fläche muss Luftgeschwindigkeit von 3-4 m/s ermöglichen
  - Anschaffungspreis 14 bis 22 kW: 30.000 – 50.000 €



# Hängedrehkran

---

- Hängedrehkran (Herstellerangaben):
  - Für 200 m<sup>2</sup> (10\*20 m) Box und 7 m Boxenhöhe
  - Spurmaß variabel 1,8 – 4,0 m
  - Arbeitstiefe: 1,8 m +
  - Greifer: 1,0 – 1,5 m<sup>3</sup> FM 60% TS → max. 500 kg in Maximalstellung
  - Endlos-Schwenkwerk ist heute Standard
  - Armlänge (diagonale) 9,0 m
  - Hydraulik einheitlich, Service-Intervalle Hydraulik nach 1. Jahr, dann alle 5 Jahre (Prüfbuch ist Pflicht!)
  - 250 Bh/a sind normal; für große Betriebe 500 Bh/a
  - 4 bis 10 t Kran
  - Preis: 30.000 – 34.000 € + Steuer



# Hängedrehkran



# Liste Technikhersteller und -lieferanten

---

- Hersteller, Vertrieb
  - Radialventilatoren im Mittel-, Hochdruckbereich
  - Entfeuchter-Wärmepumpe
  - Wärmetauscher
  - Warmluftöfen
  - Steuerungen
  - Hängedrehkran
- Dienstleistung
  - Boxenbau und -planung
  - Rundballensystem und -planung
  - Metallbau und sonstiges
- Download Liste Lieferanten und Hersteller für Heubelüftungstechnik :  
<http://www.lfl.bayern.de/ilt/pflanzenbau/gruenland/027308/index.php>



# Ziele des Projekts „Effiziente Heubelüftung“

---

- Praxisnahe Versuchsanlage in Hübschenried:  
Analyse und Optimierung der Belüftungsheutrocknung anhand vergleichender Untersuchungen (Techniken, Energieaufwand, Temperaturen, Steuerung ...)
- Analyse des Arbeitszeitaufwands und Erarbeitung von Sollarbeitszeiten für die Erzeugung und Verfütterung von Belüftungsheu in der Innen- und Außenwirtschaft
- **Fernziel:** Belüftungsheu vs. Grassilage als Hauptgrobfutterkomponente auf gesamtbetrieblicher Ebene → Erarbeitung von Zahlen für die Betriebswirtschaft

# Übersicht Arbeitsprogramm (I)

---

- **Heubelüftungstechnik**

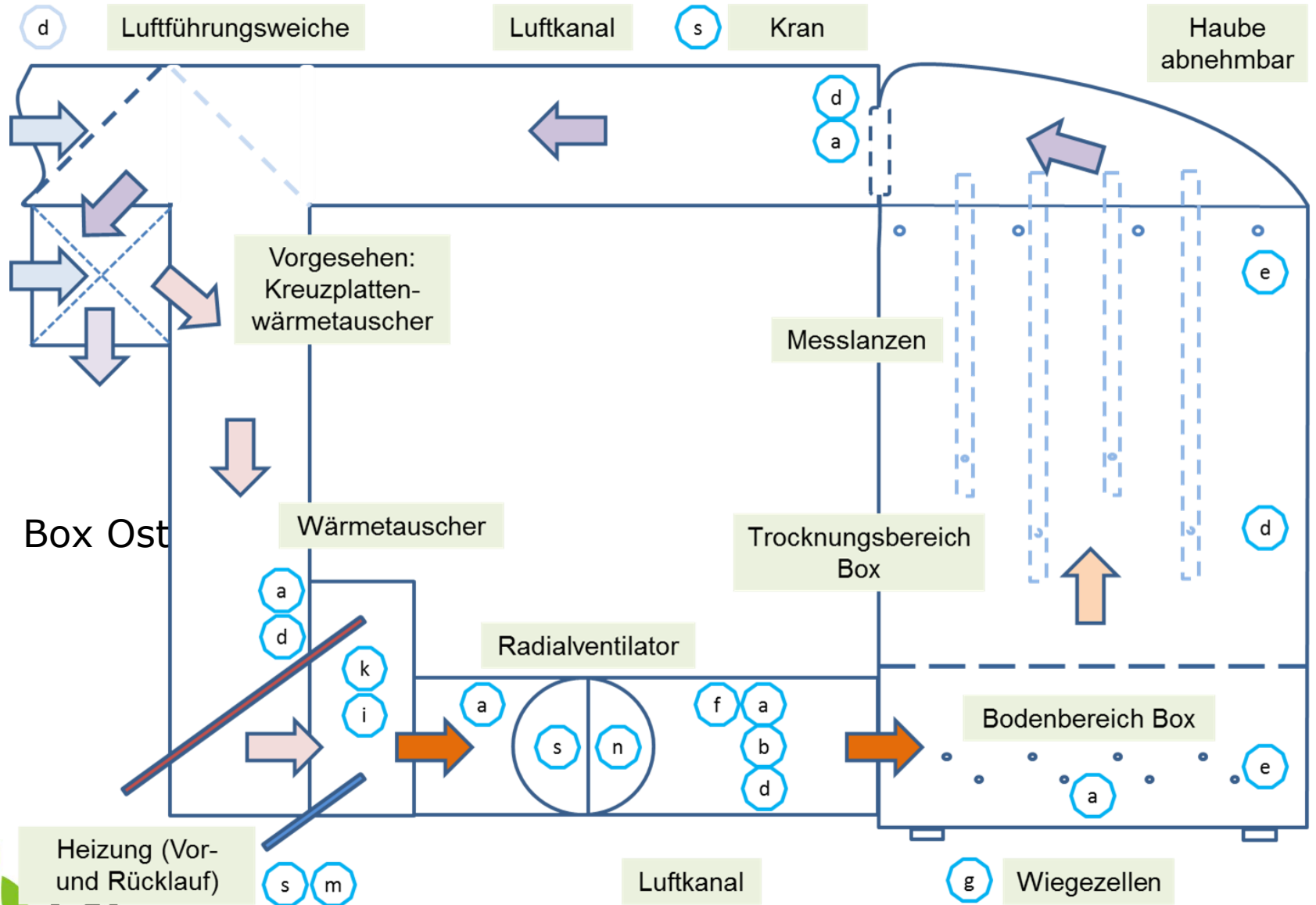
- Aufbau einer Versuchstrochnung mit zwei parallel zu betreibenden Heubelüftungsboxen mit Gewichtserfassung zur Bestimmung des exakten Trocknungsverlaufs
- Einbau von Messtechnik für Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, statischer Druck, Volumenstrom, elektrische Leistungsaufnahme zusammen mit entsprechenden Datenloggern
- Versuchsplan für 2017 und 2018: Vergleich der in der Praxis häufig genutzten Techniken Entfeuchter (mit Umluftsystem) und Wärmetauscher (z. B. Wärmenutzung eines biogasbetriebenen BHKW's) wahlweise auch mit Wärmerückgewinnung

# Beschreibung der Versuchsanlage Hübschenried (I)

---

- Boxensystem ausgewählt, da am häufigsten und auch gut geeignet für Berglandwirtschaft
- Messgrößen je Belüftungssystem:
  - Box West (Wärmetauscher-Wärmepumpe)
  - Box Ost (Wärmetauscher zur Simulation verschiedener Wärmequellen und rekuperative Wärmerückgewinnung)
    - $p$ : Druck der Belüftungsluft (a, b, c)
    - $\varphi$ : Relative Luftfeuchte der Belüftungsluft (d)
    - $T$ : Temperatur Belüftungsluft (d, e)
    - $V$ : Volumenstrom (f)
    - $m$ : Masse Belüftungsheu bzw. Massedifferenz durch Wasserentzug (g, h)
    - $TS$ : Trockensubstanz des Grüngutes bzw. des Heus
    - kWh: Energiebedarf (i, k, m, n, s)
- Messgrößen der Umgebung mit eigener Wetterstation:
  - Temperatur (2 m), Sonneneinstrahlung, Relative Luftfeuchte der Außenluft

# Beschreibung der Versuchsanlage Hübschenried (II)



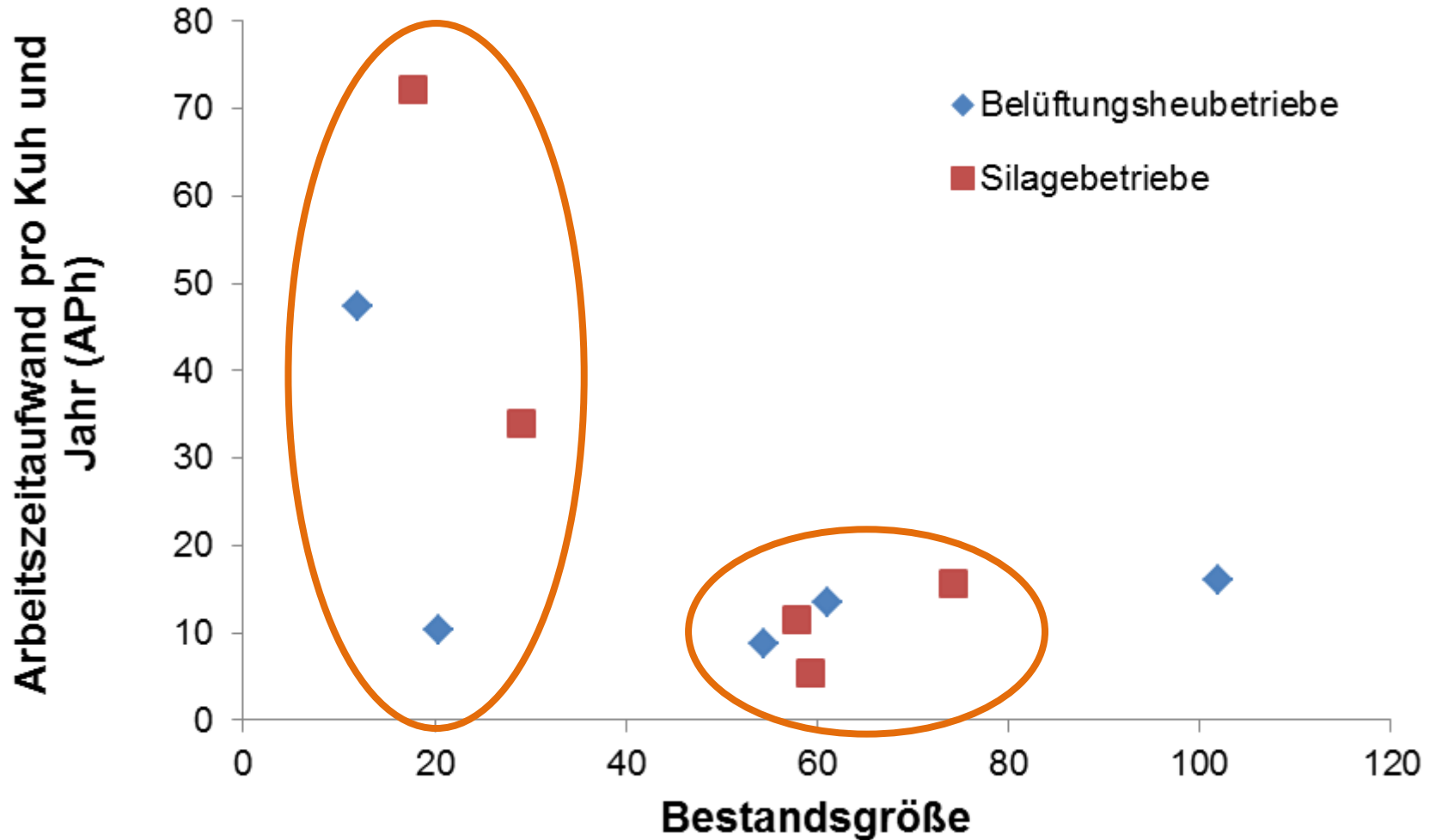
# Übersicht Arbeitsprogramm (II)

---

- **Arbeitszeiterfassung**

- Durchführung von Arbeitszeitschätzungen auf Praxisbetrieben u. a. mit Hilfe von Arbeitszeittagebüchern für die gesamte Verfahrenskette vom Feld bis zum Trog
- Ermittlung des Arbeitszeitaufwands für die Belüftungsheuernte, Belüftung und Futtervorlage mit Heukran über Zeitmessungen
- Erarbeitung von Kalkulationsmodellen zur Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für die untersuchten Arbeitsschritte
- Schaffung einer Datengrundlage für einen objektiven Vergleich der Verfahren Belüftungsheu und Silage im Milchviehbetrieb

# Erste Ergebnisse Arbeitswirtschaft Innenwirtschaft



Arbeitszeitaufwand pro Kuh und Jahr (APh) für das Füttern der Kühe, der Kälber und des Jungviehs (hochgerechnet nach Messungen während einer Winterperiode)



# Änderungen im Betrieb bei Umstellung auf Belüftungsheu (I)

---

- Ernte mindestens beim 1. und 2. Schnitt in 2-3 Chargen erforderlich → statt bisher 4-5 Silagekampagnen werden dann 5-8 Heuerntemaßnahmen erforderlich
- Das Mähen erfolgt wie beim Silieren i.d.R. mit Aufbereiter beim Ähren- und Rispenschieben der Hauptbestandbildner → Qualität!!
- Angestrebter TS-Gehalt ~60% (Rundballen ~65%) → es muss 1-3 mal öfter gewendet werden und die Feldliegezeit ist je nach Witterung länger als bei Silage
- Rechtzeitiges Schwaden (ab 60% TS-Gehalt hohe Brökelverluste)
- Bergung nur mit Ladewagen → keine Verdichtung des Anwelkguts oder Rundballenpresse möglich → Ballen muss gleichmäßige Dichte aufweisen (kein weicher Kern, keine stark verdichteten Stellen, Ziel: 190-200 kg Frischmasse/m<sup>3</sup>)
- Die Erntemenge muss v.a. bei Rundballen bekannt sein, da man nur eine maximale Anzahl an Ballen trocknen kann

# Änderungen im Betrieb bei Umstellung auf Belüftungsheu (II)

---

- Schlagkraft der Technik (und somit auch Technikkosten) kann im Vergleich zur Silagekette reduziert werden (da mehrere Chargen)
- Weniger Gewicht ist zu transportieren und Erntetechnik ist leichter → weniger Narbenschäden und Bodenverdichtung
- Geringerer Personalbedarf für einzelne Erntemaßnahme
- Ernte soll bis 21:00 Uhr abgeschlossen sein → Nutzung der Wärme aus der Unterdachabsaugung und Vermeidung von Tau
- Belüftung erfordert Zeit v.a. für die Kontrolle der Technik und des erreichten Feuchtegehalts im Heu
- Abdecken und Aufdecken des Silagehaufens entfällt
- Notwendiger Vorschub pro Woche ist bei Heu nicht relevant
- Fütterung wird einfacher (i.d.R. nur noch Heu und Kraftfutter)
- Grundfutterbedarf steigt im Vergleich zur Silage wegen der höheren Futteraufnahme beim Belüftungsheu

# Vergleich Boxen- und Rundballenbelüftung

Merkmale	Box	Rundballen
Bröckelverluste	geringer	höher
Heumenge	größere Mengen → Umstellung auf Heufütterung	kleinere Mengen → z. B. für Hochleistungskühe
Schlagkraft	höher	geringer
Belüftungsdauer	40 – 60 Stunden + Nachbelüften	< 24-30 Stunden + ggf. Nachbelüften
Arbeitsablauf	Einlagern (2 Pers. f. Ladewagen, Kran), Belüften + Nachbel., Umlagern	Pressen/Transport, Belüften, Wenden, Belüften, ggf. Nachbel., Umlagern

# Ökonomik – Betriebsbeispiel (I)

Belüftungsverfahren	Unterdachabsaugung (960 m <sup>2</sup> ), Kraft-Wärme-Kopplung mit Notstromaggregat, Entfeuchter-Wärmepumpe
Dimensionierung	(120+147+147) m <sup>2</sup> = 3 Boxen
Belüftungsdauer	24-60 h
Dauergrünlandbestand	70 ha Dauergrünland, 10,5 ha Streuwiese
Anzahl Schnitte	3-4 Schnitte pro Jahr
Milchvieh	55 Braunvieh + 30 NZ + 5 GV Mast
Milchleistung	5.650 kg Milch pro Kuh und Jahr (5.300 aus Grundfutter)
Ein-/Auslagerung	Hängedrehkran
Futternvorlage	Ladewagen mit Dosierwalzen und Querförderband
Halle inkl. Boxen, Unterdachabsaugung und Hängedrehkran	267.000 €
Radialventilator (35 kW), Wärmetauscher-Wärmepumpe (35 kW), Stromaggregat (70 kW), Steuerung	98.000 €



Der oberallgäuerische Betrieb wirtschaftet nach den Prinzipien des ökologischen Landbaus (Bioland). Nach 25 Jahren Silagewirtschaft wird seit 2011 Belüftungsheu als Grundfutter für das Braunvieh eingesetzt.



# Ökonomik – Betriebsbeispiel (I)

- Betriebsbeispiel im Oberallgäu 2013 (eigene Berechnung)
  - Warmbelüftung
    - Unterdachabsaugung
    - Wärmetauscher – Wärmepumpen
    - Kombination mit KWK

Kostenposition	Betrag pro dt TM
Variable Kosten	2,74 €
Fixe Kosten	7,71 €
<b>Gesamtkosten*</b>	<b>10,45 €</b>

\*\* Ohne Flächen und Betriebsmittelkosten für den Anbau sowie Maschinenkosten für die Ernte und ohne Arbeitskosten

# Ökonomik – Betriebsbeispiel (II)

Belüftungsverfahren	Unterdachabsaugung (695 m <sup>2</sup> ), Kraft-Wärme-Kopplung mit Holzvergaser, Wärmespeicher (Wassertank), Entfeuchter-Wärmepumpe
Dimensionierung	(100+160+160) m <sup>2</sup> = 3 Boxen + 30 Rundballenauslässe
Belüftungsdauer	50-80 h
Dauergrünlandbestand	17 ha Dauergrünland, 29 ha Klee gras
Anzahl Schnitte	3-4 Schnitte pro Jahr
Milchvieh	24 FleckviehxDeutsche Schwarzbung + NZ
Milchleistung	6.500 kg Milch püro Kuh und Jahr (6.500 kg aus Grundfutter)
Ein-/Auslagerung	Hängedrehkran
Futternvorlage	Hoftrack mit Greifzange
Halle inkl. Boxen, Unterdachabsaugung und Hängedrehkran	362.000 €
Radialventilator (17 kW), Wärmetauscher-Wärmepumpe (17 kW), Wärmetauscher (300 kW <sub>thermisch</sub> ), Steuerung	53.700 €



Der südbayerische Betrieb wirtschaftet nach den Prinzipien des ökologischen Landbaus (Bioland). Heubelüftung wird schon seit mehreren Jahrzehnten praktiziert, zunächst nur mit einer Rundballenanlage, jetzt zusätzlich mit einer Boxenanlage.



# Ökonomik – Betriebsbeispiel (II)

- Betriebsbeispiel im Oberbayern 2012 (Quelle: S. Obermaier)
  - Warmbelüftung
    - Unterdachabsaugung
    - Wärmetauscher – Wärmepumpen
    - Kombination mit KWK (Holzvergaser)

Kostenposition	Betrag pro dt TM
Variable Kosten	1,50 € - 5,23 €* 6,04 €
Fixe Kosten	6,04 €
<b>Gesamtkosten**</b>	<b>7,54 € - 11,29 €</b>

\*Variable Kosten für Wärme und Strom je nach Szenario: Von vier Tage sehr kühl und feucht bis vier Tage sehr trocken und heiß mit sehr gut vorgetrocknetem Heu.

\*\* Ohne Flächen und Betriebsmittelkosten für den Anbau sowie Maschinenkosten für die Ernte und ohne Arbeitskosten

# Stärken und Schwächen von Belüftungsheu

Merkmale bei der Ernte	Silage	Bodenheu	Belüftungsheu	Belegt durch
Verluste bis zur Bergung	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>0/+</b>	Pöllinger (2015)
Arbeitswirtschaft (Außen)	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	Wirleitner et al. (2014)
Lärmbelästigung Nachbarn	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>-</b>	Baumgartner (1991)
Futteraufnahme	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>+</b>	Fasching et al. (2015)
Eiweißqualität	<b>0/-</b>	<b>0</b>	<b>+</b>	Fasching et al. (2015)
Mikrob. Besatz (verderb- anz.Bakt./Hefen/Pilze)	<b>0/-</b>	<b>0</b>	<b>+</b>	J-Wild/Thurner (2015)
Milchpreis	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>+</b>	Huber et al. (2015)



# Weitere (unbelegte) Vorteile von Belüftungsheu

---

- Angenehmer Geruch / keine Geruchsbelästigung durch Heulager
- Günstigere arbeitswirtschaftliche Situation bei Heuwirtschaft (Innen)
- Weniger schwere Arbeit v. a. im Stall z. B. Futternachschieben
- Werbungs- und Bergetechnik braucht keine so hohe Schlagkraft und dadurch auch geringere Investitionskosten
- Futtervorlage ist seltener notwendig, von nur einmal täglich bis zu einmal alle 2 bis 3 Tage
- Verbesserte Tier- und Herdengesundheit bei heubasierter Fütterung
- Höhere Artenvielfalt auf dem Grünland durch die Nutzung als Belüftungsheu

# Weitere (unbelegte) Nachteile von Belüftungsheu

---

- Hohe Staub- und Keimbelastung der Nachbarschaft durch abziehende, verunreinigte Belüftungsluft
- Geringe Schlagkraft der Heubelüftungsanlage
- Höherer Eigenmechanisierungsaufwand für die Mahd, Bergung und Einlagerung des Belüftungsheus
- Chargen mit hohem Kleeanteil gelingen selten, häufig Schimmelbildung
- Hohe Investitionskosten in Belüftungstechnik und Bergehalle
- Hoher Energieverbrauch und hohe Stromkosten für die Belüftungstrocknung
- Weidehaltung (bei Heumilcherzeugung) ist aufwendig und nicht von jedem Betrieb ohne weiteres umsetzbar

# Zusammenfassung (I)

---

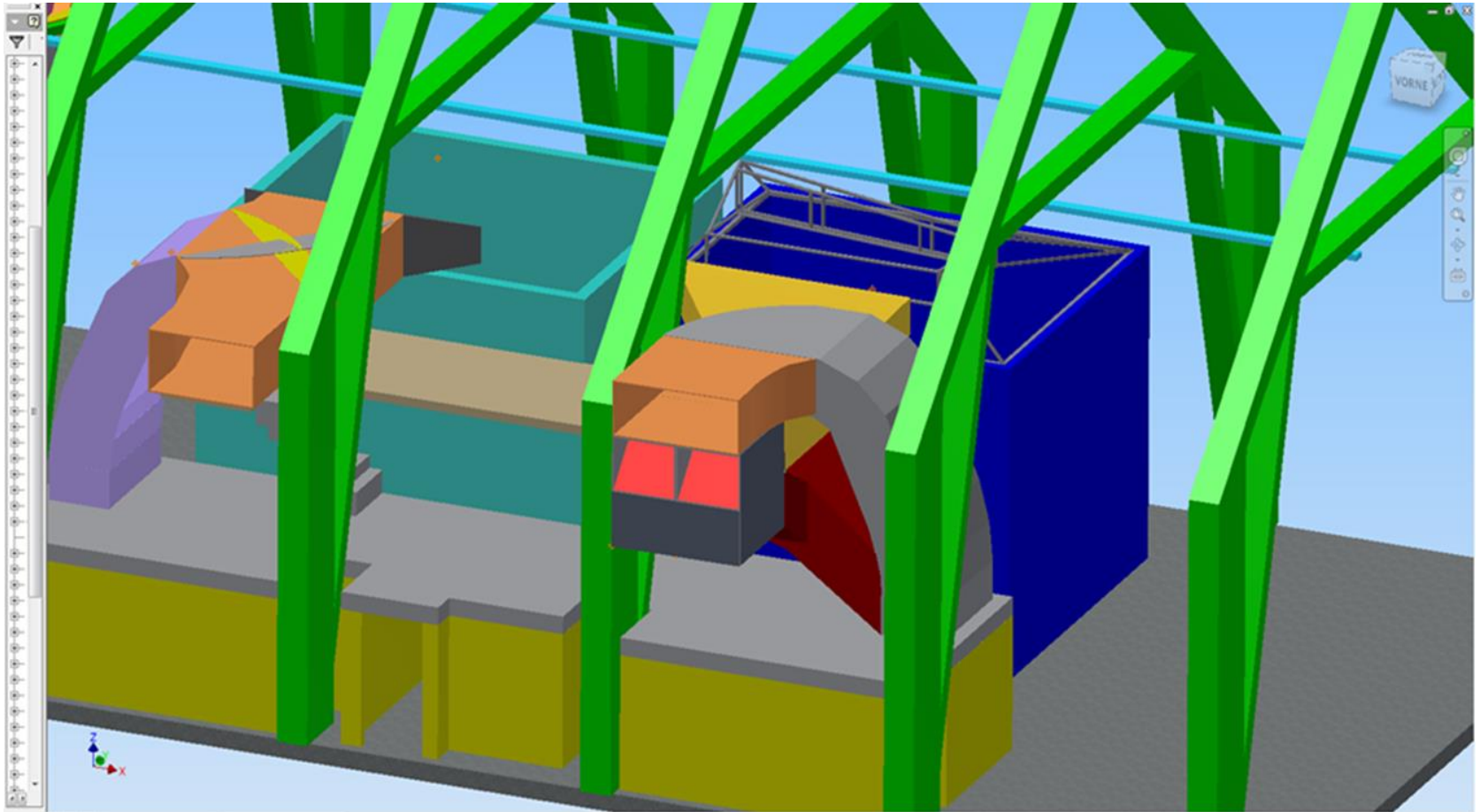
- Nur junges, hochwertiges Futter gibt gutes Heu
- Planung und Bau von Heubelüftungsanlagen erfordert Fachwissen und v. a. die Kenntnis der eigenen Erträge
- Unterdachabsaugung ist ein muss, ideal ist die Nutzung von verfügbarer Abwärme (z. B. Hackschnitzelheizung in Kombination mit Wärmerückgewinnung)
- Entfeuchter sind derzeit am Markt dominierend trotz diverser Nachteile (hohe Invest.kosten, Strombedarf, Anschlusswert)
- Umstellung auf Heubelüftungsbetrieb erfordert in manchen Bereichen eine andere Arbeitsweise

# Zusammenfassung (II)

---

- Belüftungsheu erfordert hohe Investitionskosten (dann kommt Silage und am geringsten sind die Kosten bei Trockengrün)  
→ Liquidität des Betriebes beachten!
- Für Berglandwirtschaft ist die Boxenbelüftung sehr gut geeignet, da blattreichere Bestände von Almwiesen verlustärmer konserviert werden können
- Belüftungsheu ist nach derzeitigem Wissensstand konkurrenzfähig zur Silage

*Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit*



Stefan.Thurner@LfL.Bayern.de