

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

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 m³/h bei 1000 Pa
- Anschaffungspreis 15 bis 55 kW: 10.000 – 50.000 €



Bildquelle/Quelle: Firmendarstellung
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/m³
- 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

11

Rundballenbelüftung



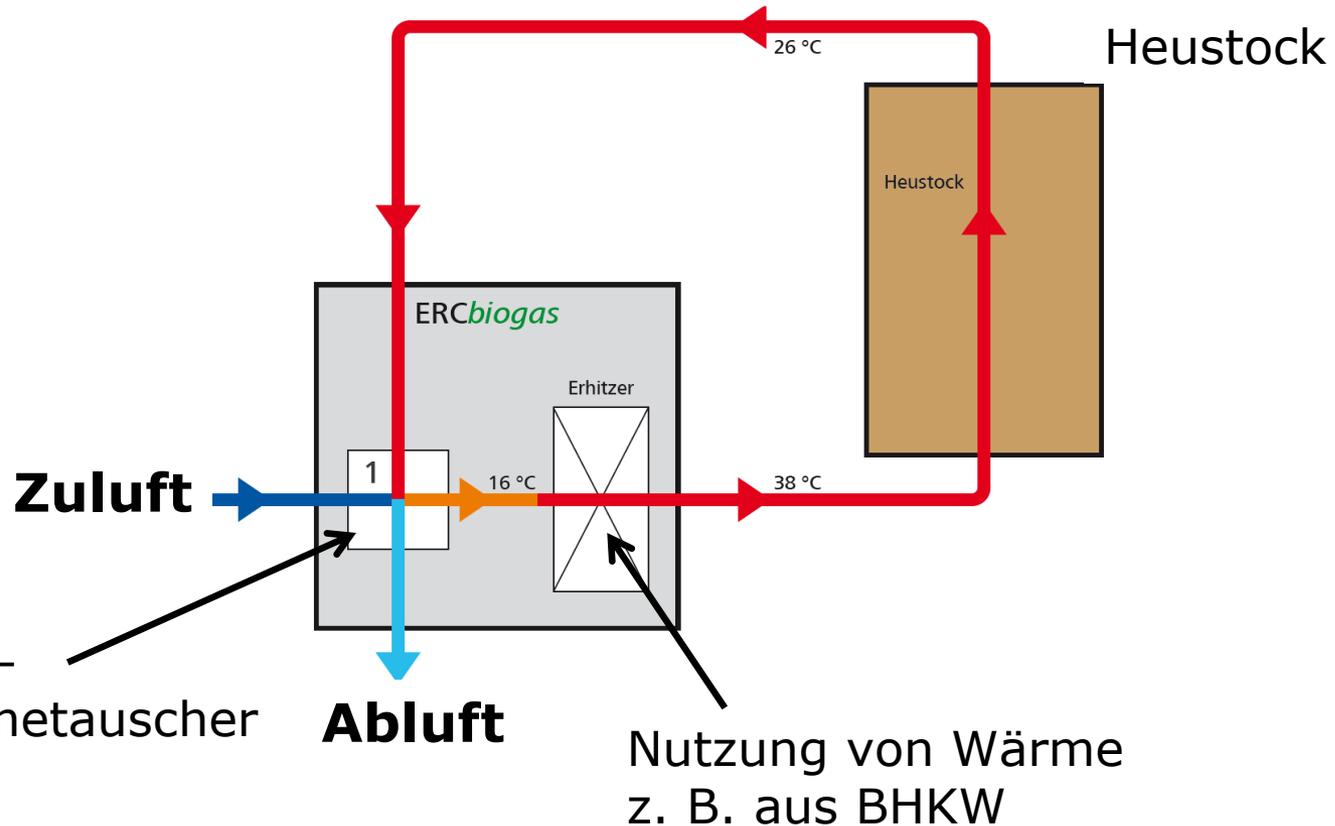
Anforderungen an Heubelüftungsanlagen (IV)

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



Kreuzstrom-
Plattenwärmetauscher

Abluft

Nutzung von Wärme
z. B. aus BHKW

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 m² (10*20 m) Box und 7 m Boxenhöhe
 - Spurmaß variabel 1,8 – 4,0 m
 - Arbeitstiefe: 1,8 m +
 - Greifer: 1,0 – 1,5 m³ 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)

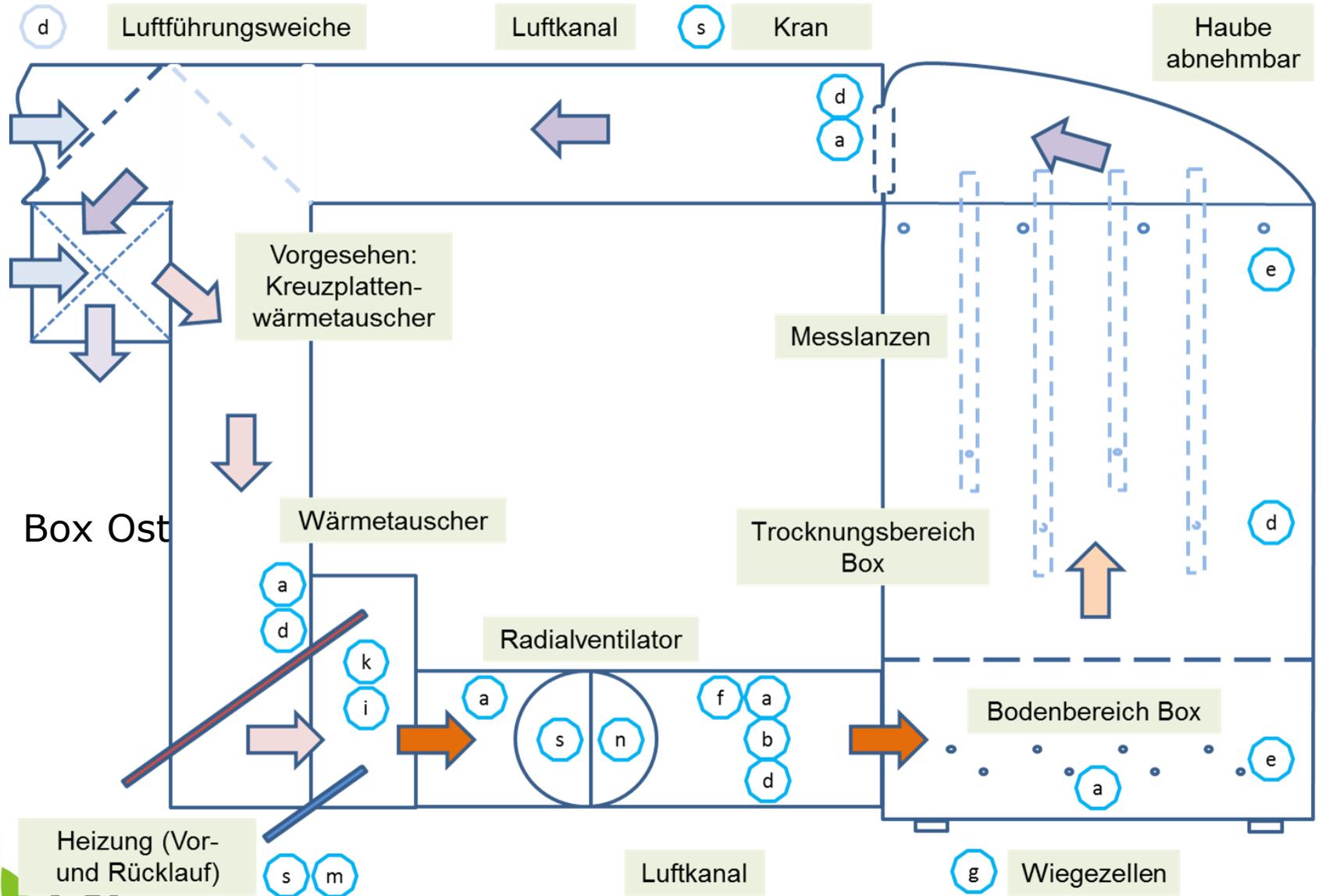
- **Heubelüftungstechnik**

- 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)
 - φ : 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)

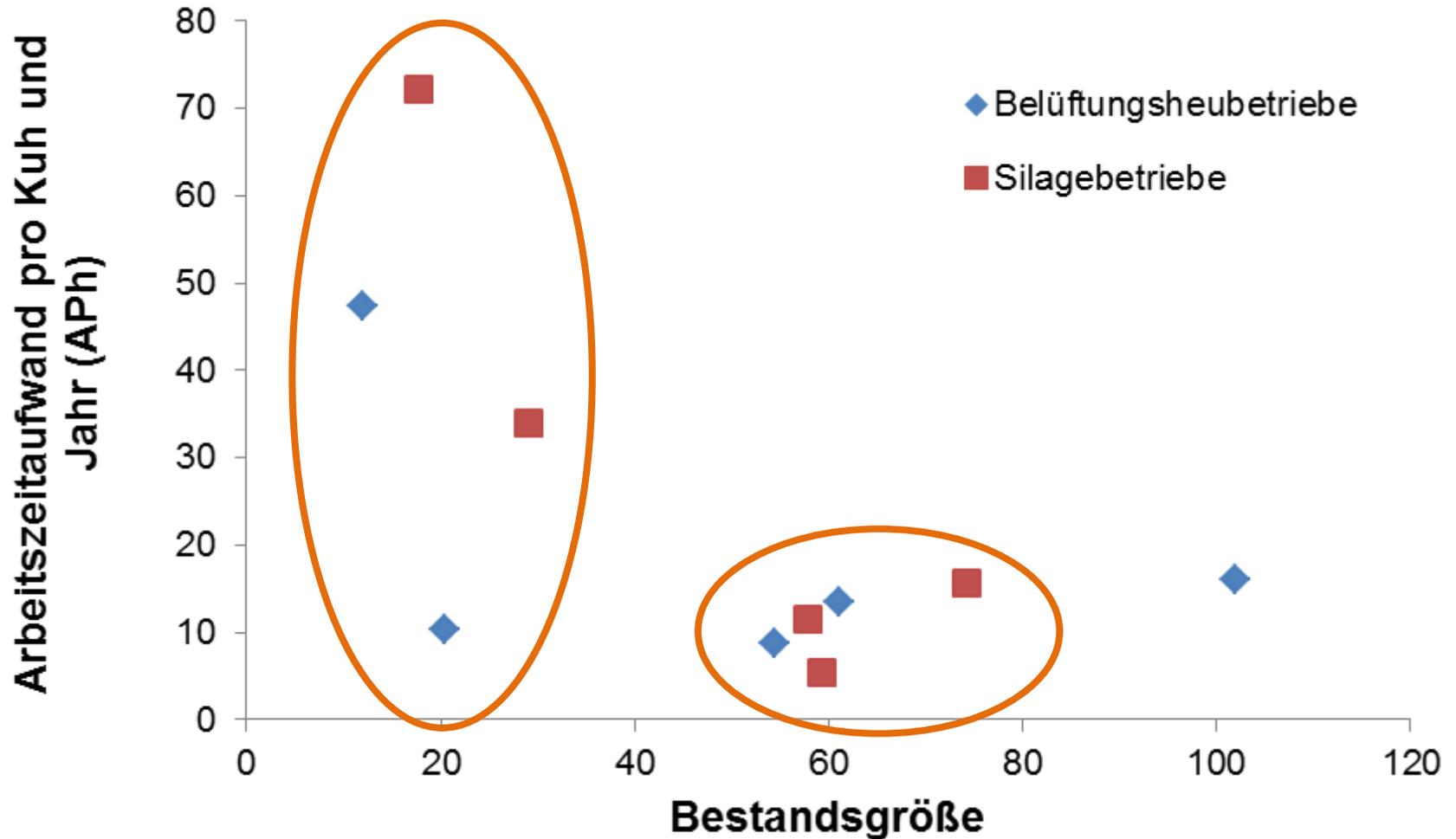


Übersicht Arbeitsprogramm (II)

- **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 Rispschieben 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/m³)
- 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 ²), Kraft-Wärme-Kopplung mit Notstromaggregat, Entfeuchter-Wärmepumpe	
Dimensionierung	(120+147+147) m ² = 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 €
Gesamtkosten*	10,45 €

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

Ökonomik – Betriebsbeispiel (II)

Belüftungsverfahren	Unterdachabsaugung (695 m ²), Kraft-Wärme-Kopplung mit Holzvergaser, Wärmespeicher (Wassertank), Entfeuchter-Wärmepumpe
Dimensionierung	(100+160+160) m ² = 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 _{thermisch}), 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	
Gesamtkosten**	7,54 € - 11,29 €

*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	+	-	0/+	Pöllinger (2015)
Arbeitswirtschaft (Außen)	0	-	-	Wirleitner et al. (2014)
Lärmbelästigung Nachbarn	+	+	-	Baumgartner (1991)
Futteraufnahme	-	0	+	Fasching et al. (2015)
Eiweißqualität	0/-	0	+	Fasching et al. (2015)
Mikrob. Besatz (verderb- anz.Bakt./Hefen/Pilze)	0/-	0	+	J-Wild/Thurner (2015)
Milchpreis	-	0	+	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

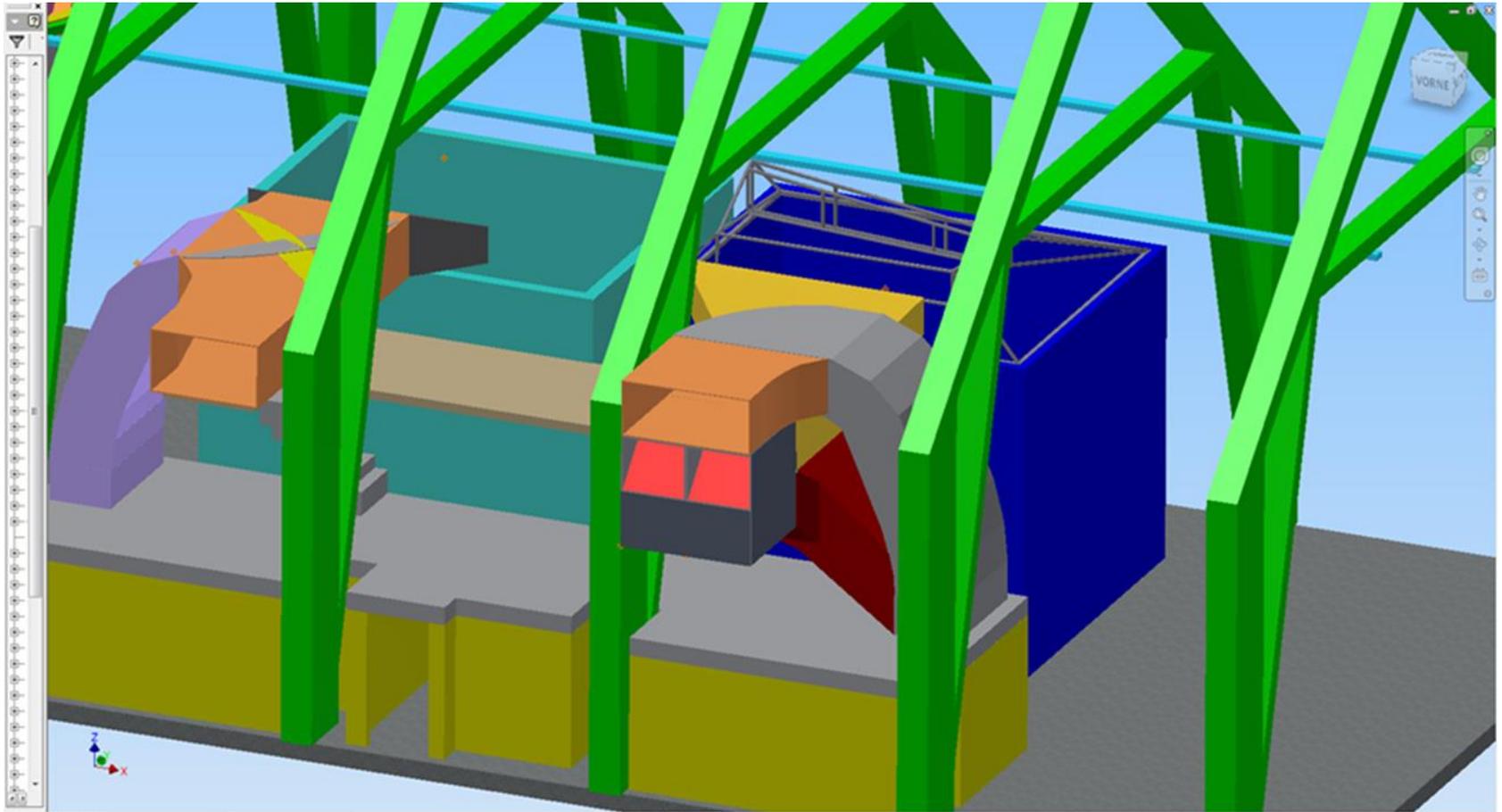
Zusammenfassung (I)

- 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