



Bayerische Landesanstalt für
Landwirtschaft



Bewertung von Verfahren zur Heutrocknung, Vor- und Nachteile, ökonomische Aspekte

Stefan Thurner und Dr. Juliana Mačuhová,
Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT)

ALB-Fachveranstaltung Heutrocknung und Heumilch
28.04.2022

1



Bayerische Landesanstalt für
Landwirtschaft



- 1. Verfahrensübersicht**
 - 2. Ergebnisse Heubelüftungsversuchsanlage/Praxisbetriebe**
 - 3. Ergebnisse arbeitswirtschaftliche Untersuchungen**
 - 4. Ergebnisse Umfrage**
 - 5. Kosten der Trocknung mit Luftentfeuchter**
 - 6. Zusammenfassung und Diskussion**
-

2

Verfahrensübersicht



3

Vergleich Boxen- und Rundballenbelüftung

Merkmal	Box	Rundballen
Bröckelverluste	geringer	höher
Heumenge	größere Mengen → Umstellung auf Heufütterung	kleinere Mengen → z. B. für Hoch- leistungskühe o. Kälber
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

4

Liste Technikhersteller und -lieferanten

- Hersteller, Vertrieb
 - Radialventilatoren im Mittel-, Hochdruckbereich
 - Entfeuchter-Wärmepumpe
 - Wärmetauscher
 - Warmluftöfen
 - Steuerungen
 - Hängedrehkran
- Dienstleistungen
 - Boxenbau und -planung
 - Rundballensystem und -planung
 - Metallbau und sonstiges



- Download Liste Lieferanten und Hersteller für Heubelüftungstechnik :
<http://www.lfl.bayern.de/ilt/pflanzenbau/gruenland/162738/index.php>



Stefan Thurner ILT1b, 2022 5

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

5

Heubelüftungsversuchsanlage (HBVA)

- Ziele
 - Systematischer Vergleich aktueller Heubelüftungstechniken
 - ✓ Energieverbrauch
 - ✓ Trocknungsleistung
 - ✓ Futterqualität
 - Erfassung vergleichbarer Daten in Praxisanlagen
 - Erarbeitung von Planungsgrundlagen für den Bau einer Heubelüftungsanlage



Stefan Thurner ILT1b, 2022 6

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

6

Heubelüftungsversuchsanlage (HBVA) - Aufbau

- Boxensystem
 - ✓ am häufigsten in der Praxis
 - ✓ kostengünstigste Variante für große Mengen
- Zwei Boxen mit je 30 m²
 - ✓ parallel befüllt → relativ identisches Material
 - ✓ gleichzeitige Trocknung → gleiche Witterungsbeding
 - ✓ Box West: Entfeuchter (Umluftverfahren)
 - ✓ Box Ost: Wärmetauscher + Wärmerückgewinnung

7

Heubelüftungsversuchsanlage (HBVA) - Bilder



8

Heubelüftungsversuchsanlage (HBVA) - Bilder



9

Heubelüftungsversuchsanlage (HBVA) - Bilder



10

Heubelüftungsversuchsanlage (HBVA) - Bilder



Bildquellen: S. Jakschitz-Wild, 2017

Stefan Thurner ILT1b, 2022 11

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

11

Heubelüftungsversuchsanlage (HBVA) - Bilder



Bildquellen: S. Jakschitz-Wild, 2017

Stefan Thurner ILT1b, 2022 12

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

12

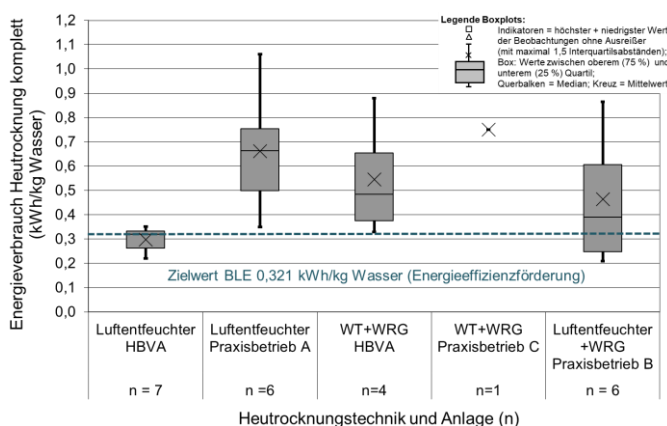
Heubelüftungsversuchsanlage (HBVA)

- Heubelüftungsversuchsanlage – Technik:
 - Radialventilatoren (GB Birk, RVN 630-35 / 10)
 - Luftentfeuchter (Frigortec, HT60)
 - Wärmetauscher (WT, Waltinger, 380 kW)
 - Wärmerückgewinnung (WRG, Arwego, ERC-T 30/56)
- Praxisbetrieb A: Luftentfeuchter im Um-/Frischlufteinbetrieb mit Steuerung
- Praxisbetrieb B: Luftentfeuchter mit Kreuzstromplattenwärmetauscher im Um-/Frischlufteinbetrieb
- Praxisbetrieb C: Wärmetauscher (Hackschnitzel-Fernwärme) mit Kreuzstromplattenwärmetauscher für Zu-/Abluft
- Messung von Luftvolumenstrom, -druck, -feuchte und -temperatur mehrmals im System
- Messung von Energieverbräuchen, Gewicht, Trocknungsdauer und Kondensatvolumen

13

Verfahrenstechnik Ergebnisse zum Energieverbrauch (HBVA + Praxisbetr.) 2019/20

- Energieeffiziente, leistungsfähige Techniken stehen zur Verfügung
 - Ziele Energieeffizienzförderung bei günstiger Konstellation erreichbar
 - Einsatzbedingungen (Trockengut, Witterung...) + Steuerung sind entscheidend



14

Zusammenfassung - Verfahrenstechnik

- Energieeffiziente, leistungsfähige Techniken stehen für die Trocknung zur Verfügung
 - Ziele der Energieeffizienzförderung der BLE 0,312 kWh / kg Wasserverlust werden mit allen Techniken bei günstiger Konstellation (Witterung, Trockengut usw.) erreicht
 - Einsatzbedingungen + Steuerung sind entscheidend!
- Trocknungsdauer sollte 40 bis 60 Stunden betragen damit ein effizienter Energieeinsatz gewährleistet werden kann (zu schnelle und zu lange Trocknung kosten mehr Energie)
- Dachabsaugung und Nutzung vorhandener Wärme (Biogas-BHKW, Hackschnitzelheizung) ist ein muss
- Trocknung mit Strom = Luftentfeuchter ist energieeffizient aber oft die teuerste Lösung
- Trocknung mit regenerativer Wärme / Abwärme = nicht energieeffizient aber kostengünstiger (falls verfügbar)

Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen

Belüftungsheuproduktion und -fütterung

- Im Vergleich zu früheren Verfahren neue Anforderungen beim Arbeitszeitbedarf
- Wenig arbeitswirtschaftliche Daten für neue Verfahren vorhanden
- Vorhandene Studien deuten an:
 - höherer Arbeitszeitbedarf für die Belüftungsheuproduktion im Vergleich zur Silageproduktion
 - niedrigerer Arbeitszeitbedarf bei der Belüftungsheufütterung im Vergleich zur Silagefütterung



Ziele der arbeitswirtschaftlichen Untersuchungen

→ Untersuchung der „lose Verfahrenskette“ bei Belüftungsheuproduktion und -fütterung

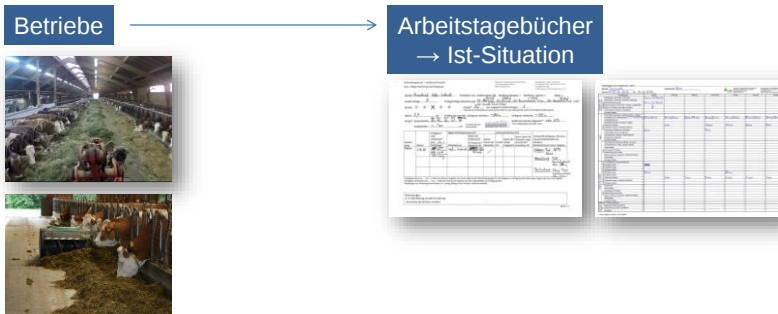
- **Arbeitswirtschaftliche Ist-Situation** (Arbeitstagebücher)
 - Vergleich zur Silageproduktion und -fütterung
- **Ermittlung arbeitswirtschaftlicher Planungsdaten**
 - Exakte Zeitmessungen für ausgewählte Verfahren
 - Heueinfahren
 - Umlagern
 - Heufütterung
 - Erfassung der notwendigen Einflussgrößen
 - Eingefahrene Mengen und Trockensubstanz beim Einfahren
 - Heumenge pro Greifer und Trockensubstanz beim Umlagern
 - Vorgelegte Heumengen beim Füttern
 - und viele andere
 - Erstellung der Kalkulationsmodelle zur Berechnung des Arbeitszeitbedarfs



Stefan Thurner ILT1b, 2022 17
Institut für Landtechnik und Tierhaltung

17

Material und Methoden

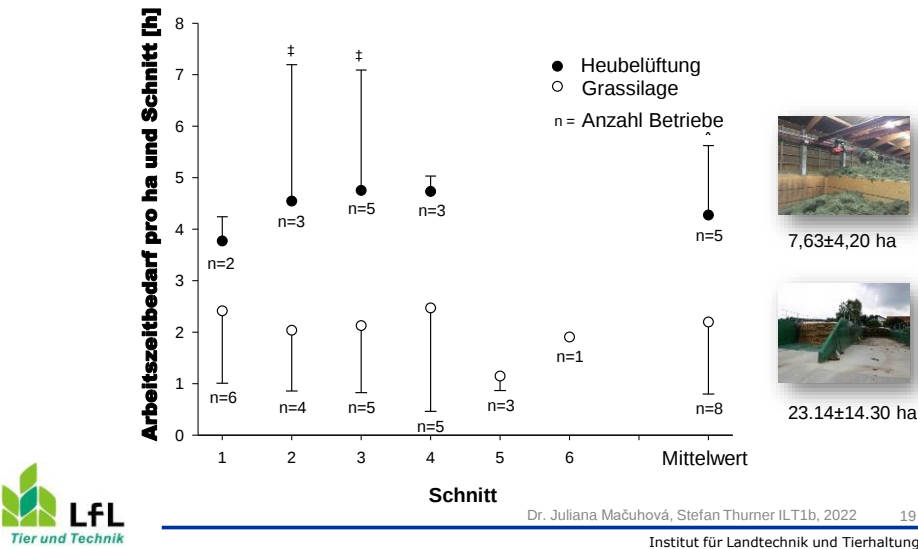


Juliana Mačuhová, ILT 4d, 2020 18
Institut für Landtechnik und Tierhaltung

18

Arbeitswirtschaftliche Ist-Situation (Ergebnisse Arbeitstagebücher)

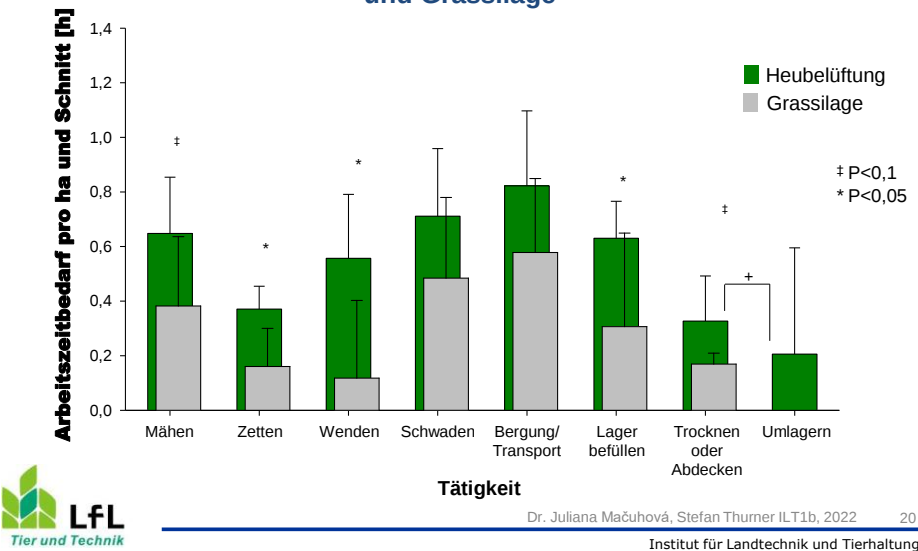
Arbeitszeitbedarf für die Produktion von Belüftungsheu und Grassilage



19

Arbeitswirtschaftliche Ist-Situation (Ergebnisse Arbeitstagebücher)

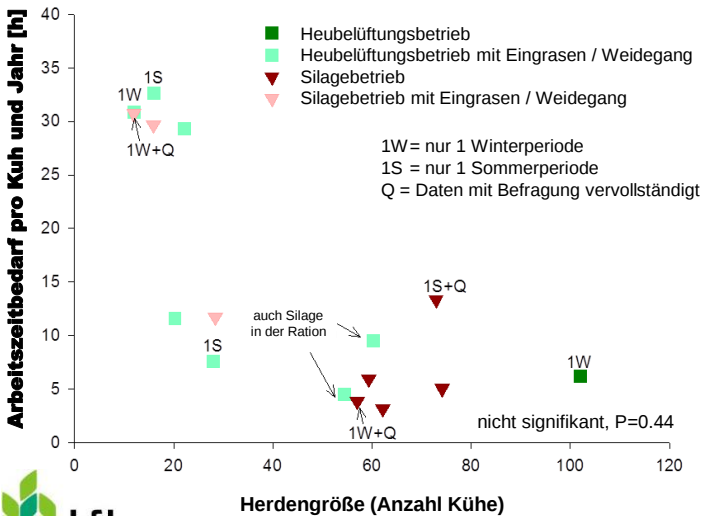
Arbeitszeitbedarf für Tätigkeiten bei der Produktion von Belüftungsheu und Grassilage



20

Arbeitswirtschaftliche Ist-Situation (Ergebnisse Arbeitstagebücher)

Fütterung der Kühe (2016 bis 2018)

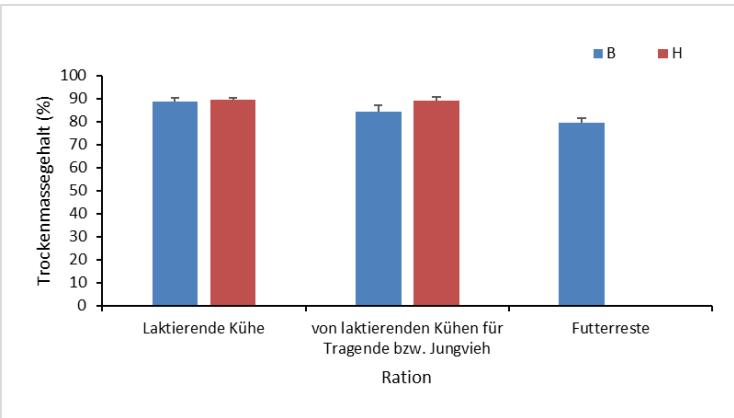


Dr. Juliana Mačuhová, Stefan Thurner ILT1b, 2022 21
Institut für Landtechnik und Tierhaltung

21

Ergebnisse – Futterqualität über Nutzungskaskade

Trockenmassegehalt entlang der Nutzungskaskade (Milchvieh – Trockensteher – Jungvieh – Futterrest)

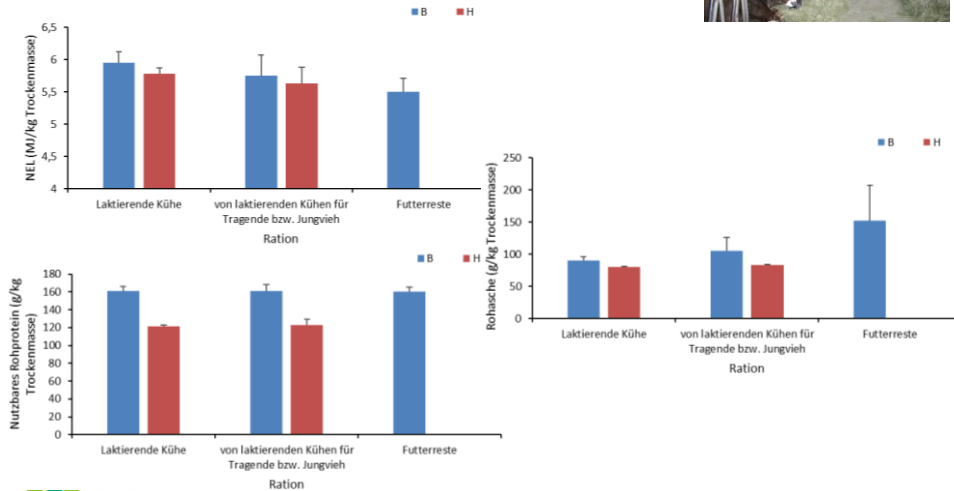


Juliana Mačuhová, ILT 1b+4d, 2022 22
Institut für Landtechnik und Tierhaltung

22

Ergebnisse – Futterqualität über Nutzungskaskade

Energiegehalt (NEL), nutzbares Rohprotein (nXP) und Rohasche (XA) entlang der Nutzungskaskade



23

Material und Methoden

Betriebe



Arbeitstagebücher
→ Ist-Situation



Messungen vor Ort
→ Planungsdaten

- Belüftungsheuproduktion und Fütterung

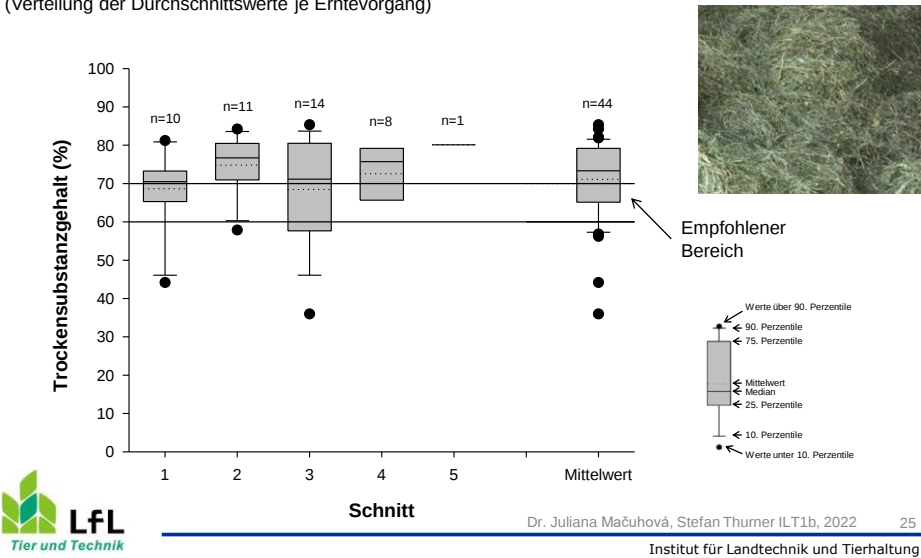


24

Exakte Zeitmessungen - Erfasste Daten

Trockensubstanzgehalt des Ernteguts beim Einfahren (Schnitte 2017/2018)

(Verteilung der Durchschnittswerte je Erntevorgang)

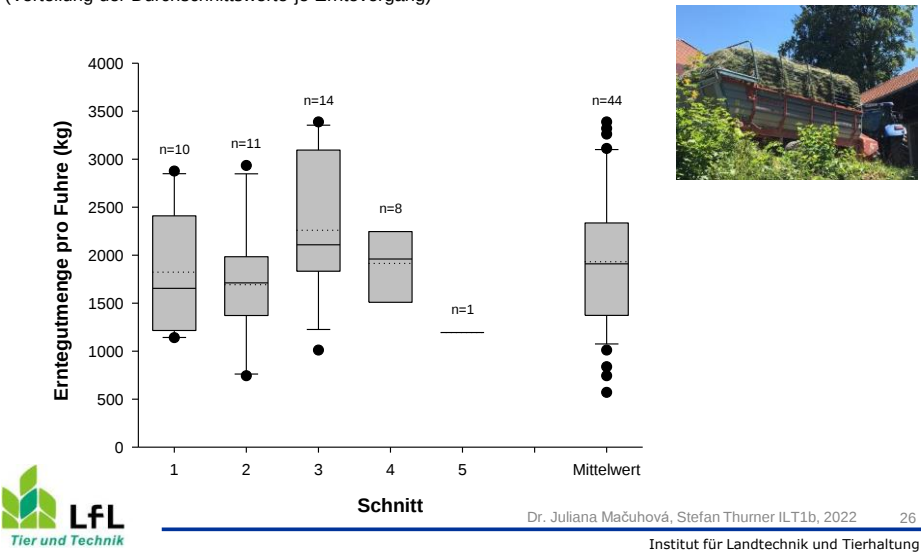


25

Exakte Zeitmessungen - Erfasste Daten

Eingefahrenre Frischmasse (Schnitte 2017/2018)

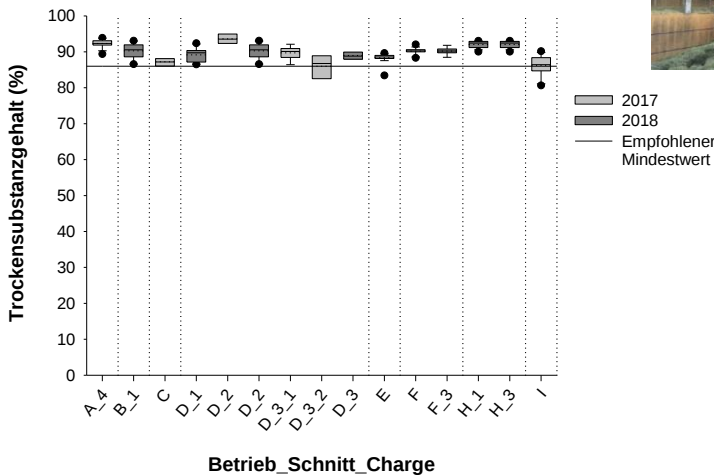
(Verteilung der Durchschnittswerte je Erntevorgang)



26

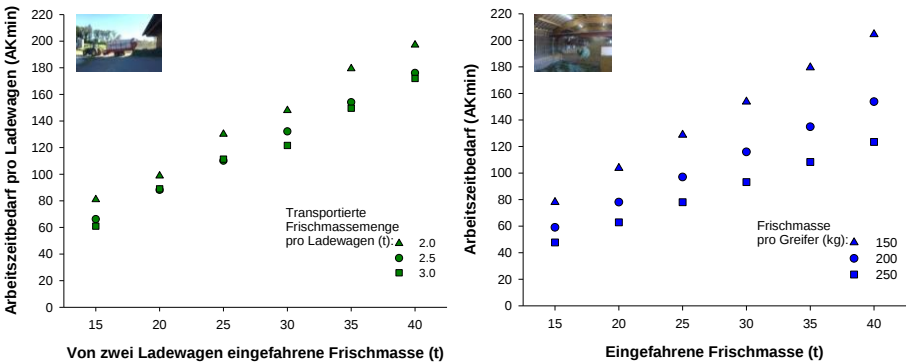
Exakte Zeitmessungen – Erfasste Daten

Trockensubstanzgehalt des Belüftungsheus beim Umlagern



Exakte Zeitmessungen – Ermittlung der Planungsdaten

Lose Verfahrenskette : Bergung mit Ladewagen, Nachschieben des Heus beim Einlagern, Einlagern mit Kran (diagonale Bewegung möglich)



Annahmen: Arbeitsbreite Schwader 12 m
Frischmasseertrag 2,4 t/ha
Trockensubstanz des Heus beim Einfahren 70 %
Zeitbedarf je Fuhre für einfache Strecke Feld - Hof 5 min

Annahmen: mittlere zu fahrende Strecke beim Kran 23,65 m



Lösung für den Engpass Transportmenge pro Fuhre

- Ladewagen mit größerem Ladevolumen Marke Eigenbau
- Verlängerung des Ladewagens bis zur maximal laut StVO erlaubten Fahrzeuglänge
- XXL-Ladewagen



29

Zusammenfassung

Arbeitswirtschaftliche Ist-Situation

Grünfütterente

- Für die Belüftungsheuproduktion haben die untersuchten Betriebe pro ha und Schnitt im Durchschnitt 2,5 mal länger als für die Silageproduktion benötigt.



Fütterung der Kühe

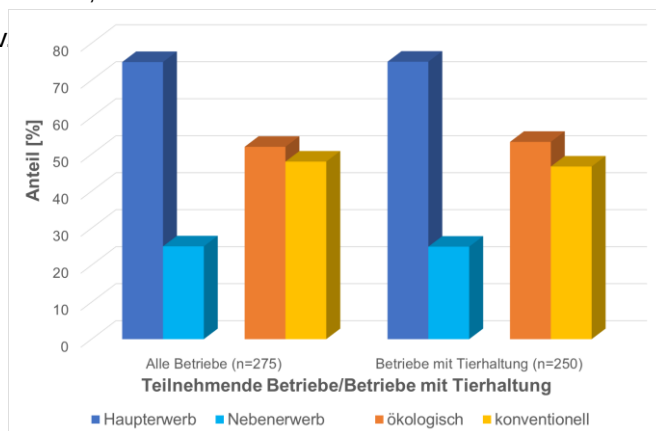
- Beim Füttern der Kühe überwiegend mit Belüftungsheu konnte kein arbeitswirtschaftlicher Vorteil im Vergleich zur Fütterung überwiegend mit Silage beobachtet werden.



30

Erste Ergebnisse Umfrage Heubelüftungstechnik

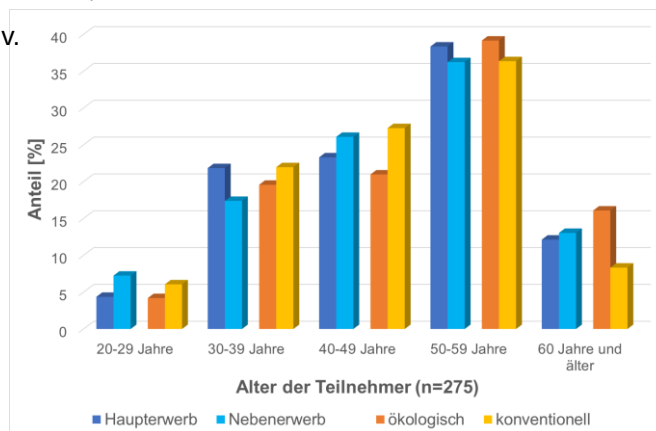
- Rücklaufquote Bayern: 51,3 % (n= 275 Rückmeldungen)
- 86 % Schwaben, 12 % Oberbayern, Rest 2 %
- 3/4 Haupterwerbsbetriebe, 1/4 Nebenerwerbsbetriebe
- ~1/2 Öko und konv.



31

Erste Ergebnisse Umfrage Heubelüftungstechnik

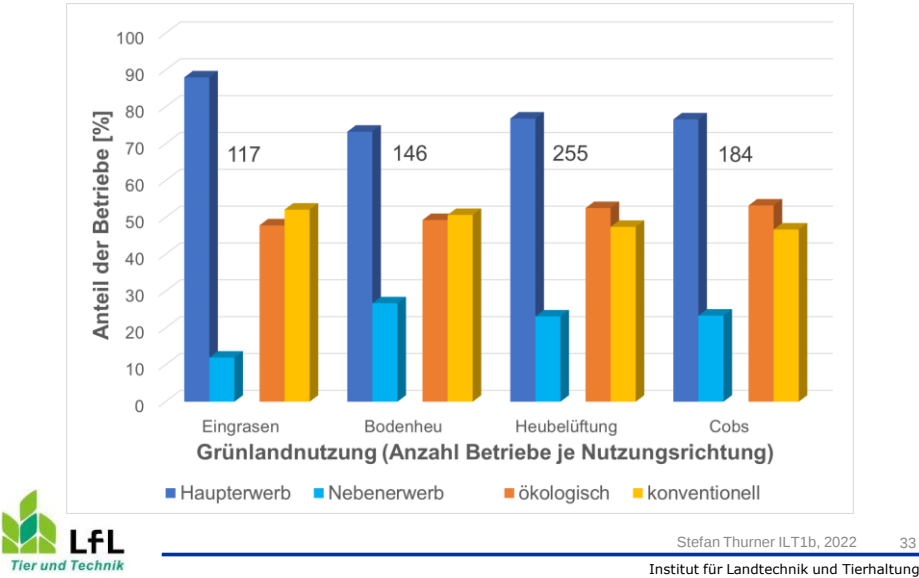
- Rücklaufquote Bayern: 51,3 % (n= 275 Rückmeldungen)
- 86 % Schwaben, 12 % Oberbayern, Rest 2 %
- 3/4 Haupterwerbsbetriebe, 1/4 Nebenerwerbsbetriebe
- ~ 1/2 Öko und konv.
- Alter Betriebsleiter



32

Erste Ergebnisse Umfrage Heubelüftungstechnik

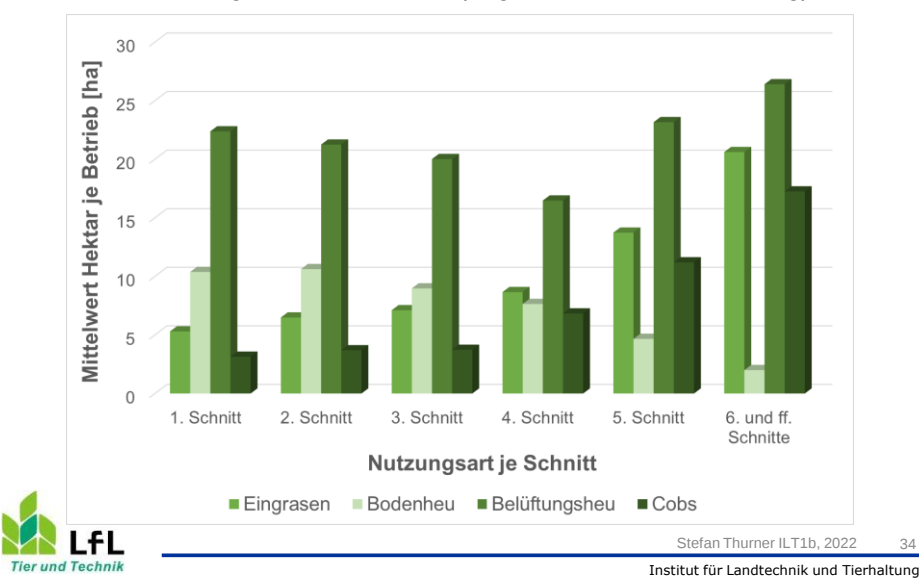
- Grünlandnutzung sehr differenziert (abgestufte Grünlandnutzung)



33

Erste Ergebnisse Umfrage Heubelüftungstechnik

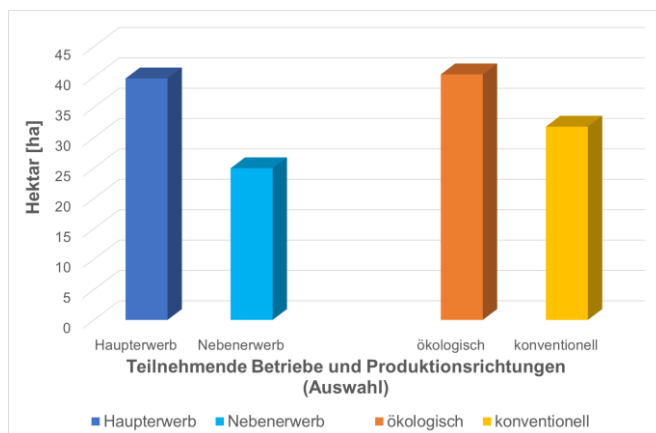
- Grünlandnutzung sehr differenziert (abgestufte Grünlandnutzung)



34

Erste Ergebnisse Umfrage Heubelüftungstechnik

- Grünlandnutzung sehr differenziert (abgestufte Grünlandnutzung)
- Flächenausstattung - konventionell: $31,8 \pm 27,8$ ha
- ökologisch: $40,4 \pm 24,8$ ha



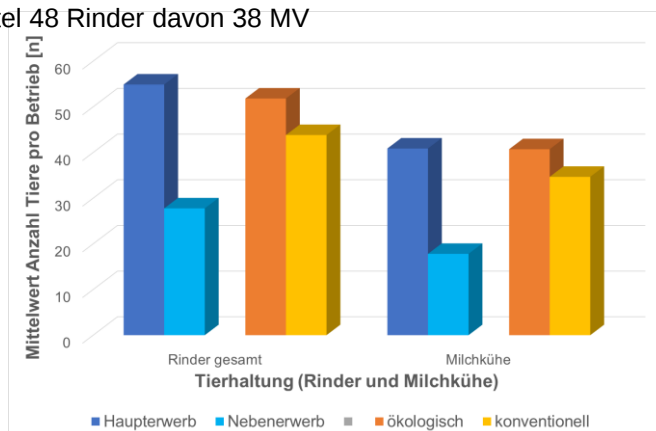
Stefan Thurner ILT1b, 2022 35

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

35

Erste Ergebnisse Umfrage Heubelüftungstechnik

- Grünlandnutzung sehr differenziert (abgestufte Grünlandnutzung)
- Flächenausstattung - konventionell: $31,8 \pm 27,8$ ha
- ökologisch: $40,4 \pm 24,8$ ha
- Tierhaltung im Mittel 48 Rinder davon 38 MV



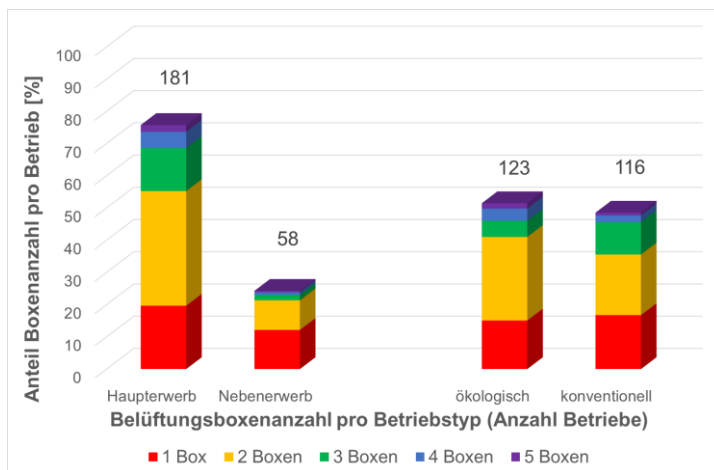
Stefan Thurner ILT1b, 2022 36

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

36

Erste Ergebnisse Umfrage Heubelüftungstechnik

- Trocknung 230 Betriebe Boxentrocknung, 21 Ballentrocknung, 12 beides
- Boxenzahl und -größe



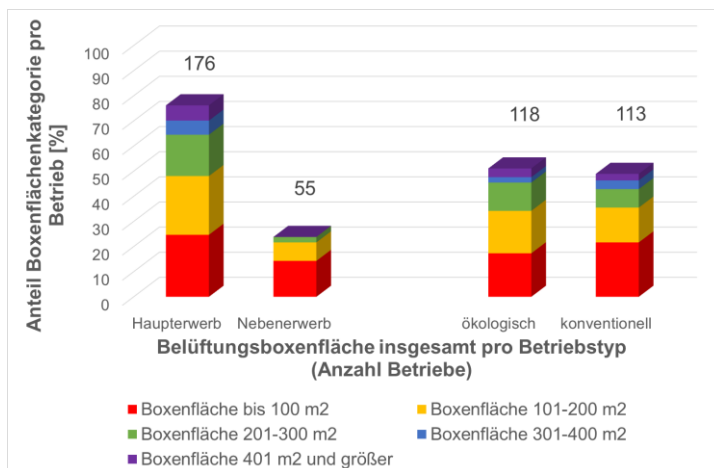
Stefan Thurner ILT1b, 2022 37

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

37

Erste Ergebnisse Umfrage Heubelüftungstechnik

- Trocknung 230 Betriebe Boxentrocknung, 21 Ballentrocknung, 12 beides
- Boxenzahl und -größe



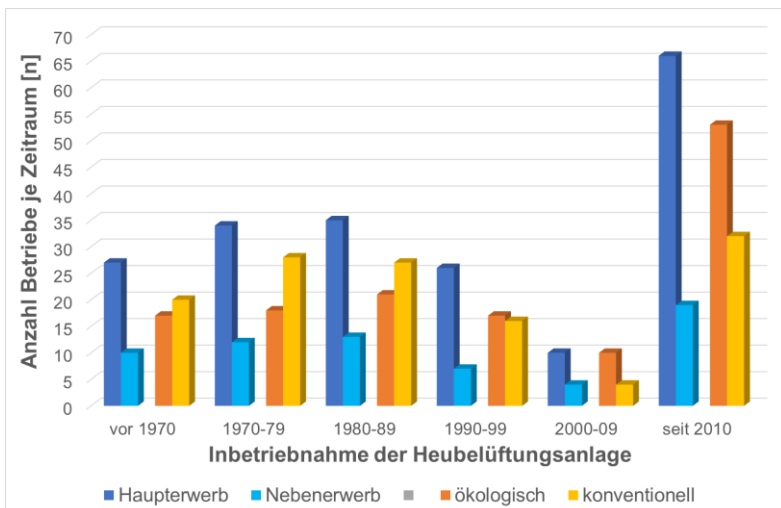
Stefan Thurner ILT1b, 2022 38

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

38

Erste Ergebnisse Umfrage Heubelüftungstechnik

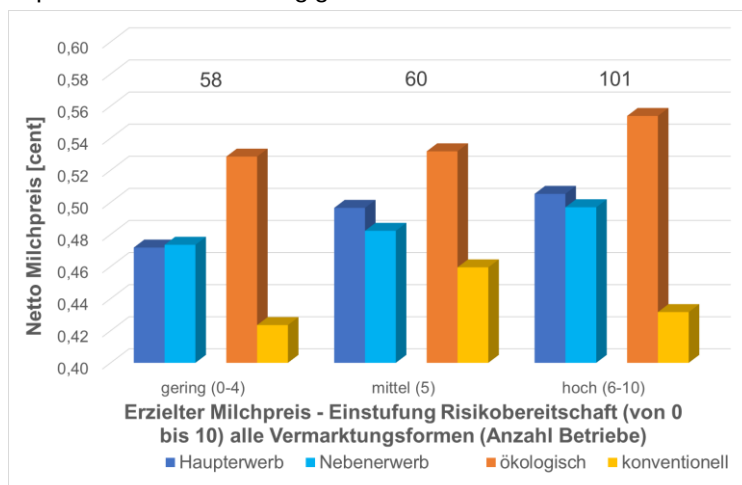
- Jahr der Inbetriebnahme der Heubelüftungsanlage



39

Erste Ergebnisse Umfrage Heubelüftungstechnik

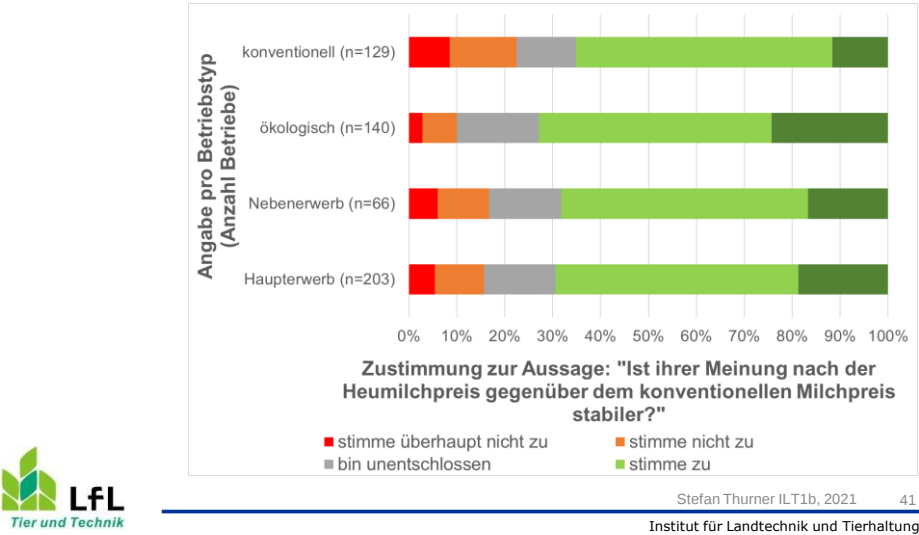
- Jahr der Inbetriebnahme der Heubelüftungsanlage
- Erzielter Milchpreis 2019 – in Abhängigkeit von der Risikobereitschaft



40

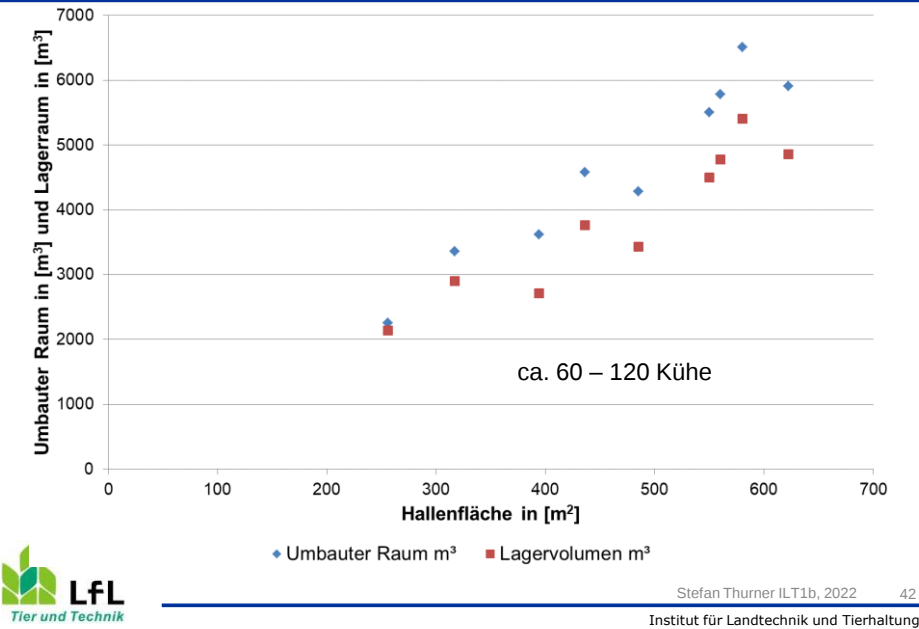
Erste Ergebnisse Umfrage Heubelüftungstechnik

- Einschätzung Stabilität g. t. S. Heumilchpreis



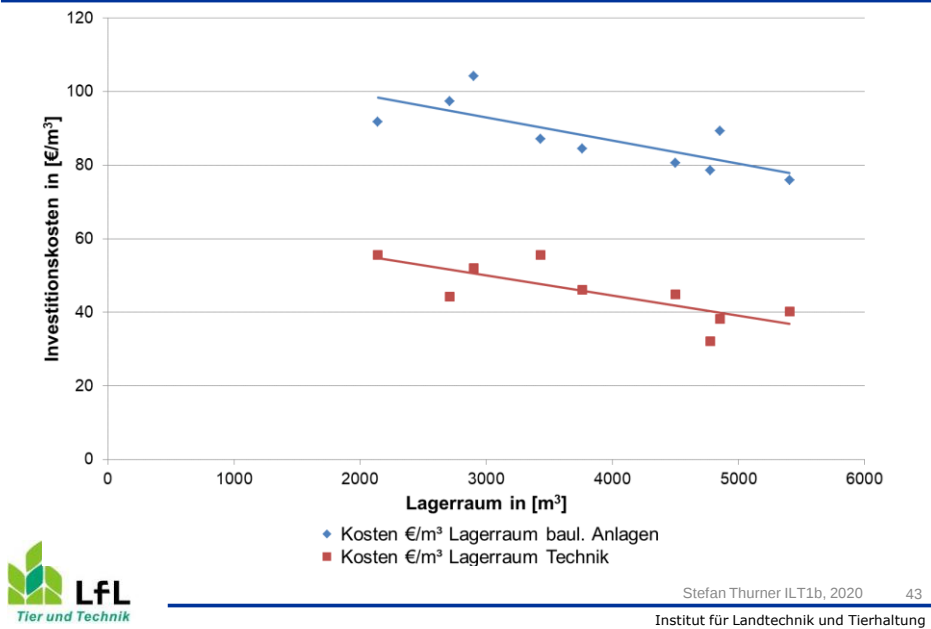
41

Heubergehallen gebaut 2017-19 in Bayern



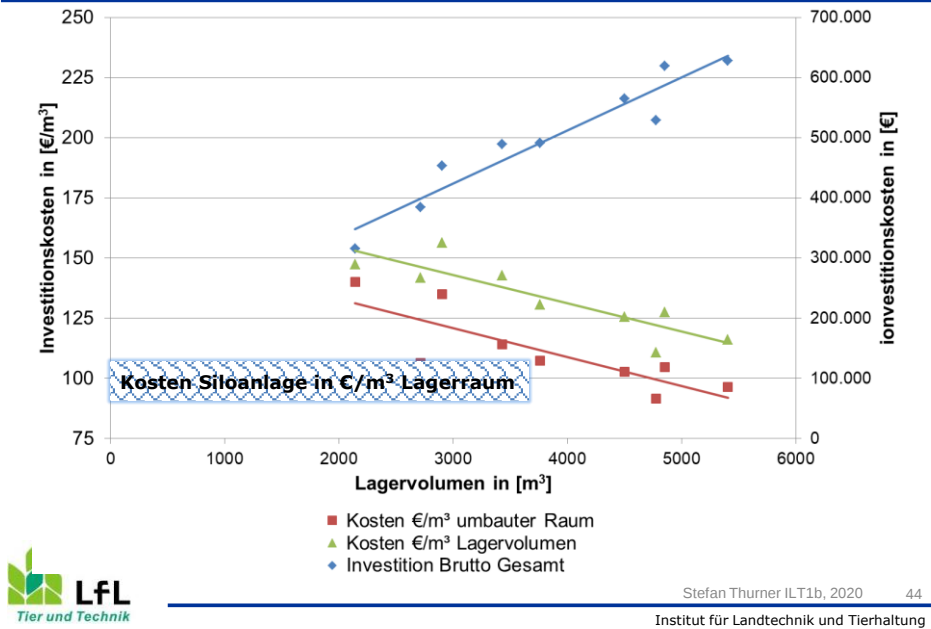
42

Investitionskosten – Bayern 2017-2019



43

Investitionskosten – Bayern 2017-2019



44

Steckbrief Luftentfeuchtertrocknung (ALB-Papier)

- **Energiebedarf:**

je nach Witterungsbedingungen von **0,2 – 0,8 kWh/kg Wasserentzug** im **Mittel rd. $0,47 \pm 0,28$ kWh/kg**; oder **pro dt Heu** im **Mittel rund $12,1 \pm 6,3$ kWh/dt**; alle Werte mit Dachabsaugung + bezogen auf Stromverbrauch in Gesamtanlage (Zahlen basieren auf Praxisergeb. + Ergeb. der HBVA Hübschenried (2019))

- **Fixe Kosten:**

je nach Situation am Betrieb wurden im Mittel **130 ± 15 €/m³** Lagerraum aufgewendet (Zahlen basieren auf 9 Förderfällen (2017 bis 2019))

- **Variable Kosten:**

je nach Witterungsbedingungen und Heumenge von **2,20 € – 5,60 € pro dt TM Heu** (Zahlen basieren auf Praxiswerten aus 2019 und Strompreis von 26,39 cent/kWh); alle Werte mit Nutzung einer Dachabsaugung und automatischer Steuerung der Anlage



Stefan Thurner ILT1b, 2022 45

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

45

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 → abgestufte Grünlandnutzung kann somit ideal realisiert werden!
- Das Mähen erfolgt wie beim Silieren i. d. R. mit Aufbereiter beim Ähren- und Rispenschieben der Hauptbestandsbildner → Qualität!!
- Angestrebter TM-Gehalt ~ 60 % (Rundballen ~65 %) → es muss 1 - 3 mal öfter gewendet werden und die Feldliegezeit ist je nach Witterung etwas länger als bei Silage
- Rechtzeitiges Schwaden (> 60 % TM-Gehalt hohe Bröckelverluste)
- Bergung nur mit Ladewagen → keine Verdichtung des Anwelkguts oder Rundballenpresse möglich → Ballen muss gleichmäßige Dichte aufweisen (kein weicher Kern/stark verdichteten Stellen)



Stefan Thurner ILT1b, 2022 46

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

46

Änderungen im Betrieb bei Umstellung auf Belüftungsheu (II)

- Schlagkraft der Technik (und somit auch Maschinenkosten) kann i. V. zur Silageerntekette reduziert werden (da mehrere Chargen)
- Weniger Gewicht ist zu transportieren und Erntetechnik ist leichter → weniger Narbenschäden und Bodenverdichtung
- Geringerer Personalbedarf für einzelne Erntemaßnahme aber insgesamt höherer Arbeitsaufwand für gesamte Ernte
- Ernte soll bis 21:00 Uhr abgeschlossen sein → Nutzung der Wärme aus der Unterdachabsaugung und Vermeidung von Tau
- 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) aber Grundfutterbedarf steigt

Fazit

- + Effiziente Technik für alle Betriebsgrößen steht zur Verfügung
- + Unterdachabsaugung und eigene Wärmequellen (Biogas-BHKW, Hackschnitzel) senken die Kosten
- + Unterdachtrocknung senkt das Ernterisiko
- + Hohe Futterqualität mit geringen Verlusten
- + Vermarktung als Heumilch bringt höhere Wertschöpfung
- Hohe Investitionskosten und hohe variable Kosten
- Höherer Arbeitsaufwand bei der Ernte und für das Belüften
- Milchvermarktung mit Aufpreis erforderlich
- Zusätzliche Anforderungen des Heumilchregulativs
- Neueinsteiger „zahlen Lehrgeld“

Ausblick

- AwSV verteuert die Milchproduktion durch höhere Kosten für Silobau (~ 80- 100 €/m³ Silolagererraum) und Güllekeller sowie –lager
- Aktuelle Einkaufspreise für Kraftfutter und Betriebsmittel verteuern die Milchproduktion zusätzlich
- Futterkonservierung mittels Belüftungsanlage wird dadurch zur echten Alternative!
- Papier zur Wirtschaftlichkeit der Futterkonservierung mittels Belüftungsanlage im Rahmen der Arbeitsgruppe Heubelüftung im Landtechnik-Forum der ALB Bayern für zweites Halbjahr 2022 geplant

➤ Derzeit ist es richtig spannend!



Stefan Thurner ILT1b, 2022 49

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

49

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Wir danken

- dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Finanzierung des Forschungsprojekts (A/18/06)
- den Firmen Arwego, Frigortec, Gerätebau Birk und Waltinger für das Sponsoring der Technik für die Heubelüftungsversuchsanlage
- den beteiligten Landwirten für die bereitwillige Zusammenarbeit
- der ILT-Werkstatt und der AG Messtechnik für die unermüdliche Unterstützung



Stefan.Thurner@Lfl.Bayern.de
Juliana.Macuhova@Lfl.Bayern.de

50

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

50