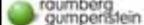




Heutrocknungsanlagen
Heuboxen und Rundballen

Alfred Pöllinger
HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Seminar des Milch AG, Murtal
LFS Kobenz, 6. November 2012

 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Inhalt

- ↪ Allgemeines zur Heutrocknung/Ernte
- ↪ Verfahrensübersicht - Eingrenzung
- ↪ Die Boxentrocknung – Aufbau, technische und bauliche Details
- ↪ Die RB-Trocknung - Besonderheiten
- ↪ Warmluftofen, Entfeuchter oder Solar technische und bauliche Details
- ↪ Schlußfolgerungen und Ausblick

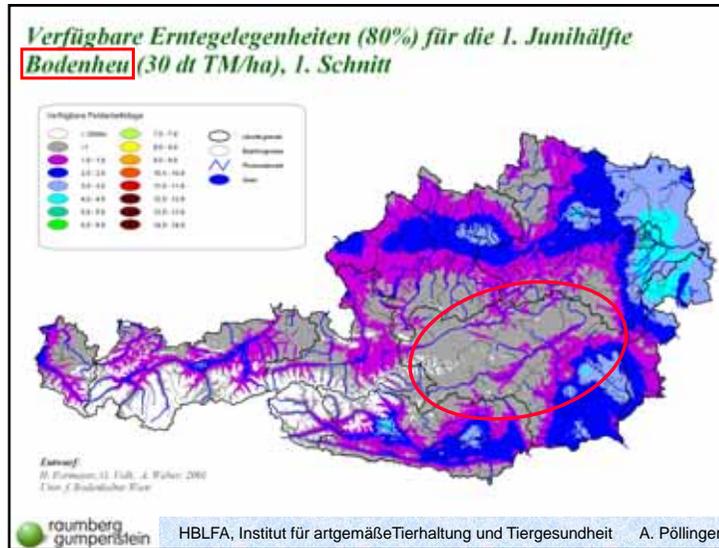
 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

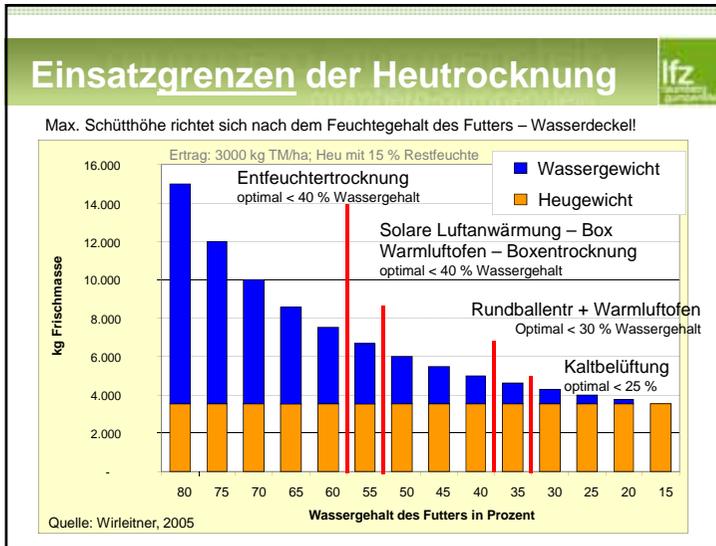
Ziele der Heutrocknung

- ↪ Kurze Schönwetterperioden nutzen
Ein-/Zweitagesheu
- ↪ Arbeitsspitzen brechen – mehrer EG
- ↪ Junges Grundfutter mit hoher Energiedichte ernten – Erntegelegenheiten nutzen
- ↪ Krafftutereinsatz minimieren
Hohe Milchleistung braucht gute GF-Qualitäten
- ↪ Belüftung mit vertretbaren Kosten

 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger







Heutrocknungsverfahren – Trocknungssysteme/Einlagerung

- ↪ Giebelrostanlagen u. Sonstige
- ↪ Trocknungsboxen
- ↪ Rundballenbelüftung
- ↪ Rundballenkonservierung

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Giebelrostanlagen und Ziehschachttrocknung

- ↪ Sind reine Nachtrocknungsverfahren – 25%
- ↪ Eignen sich nicht für die leistungsstarke Heutrocknung

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Nachtrocknungsanlagen

Giebelrostanlage

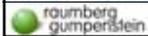
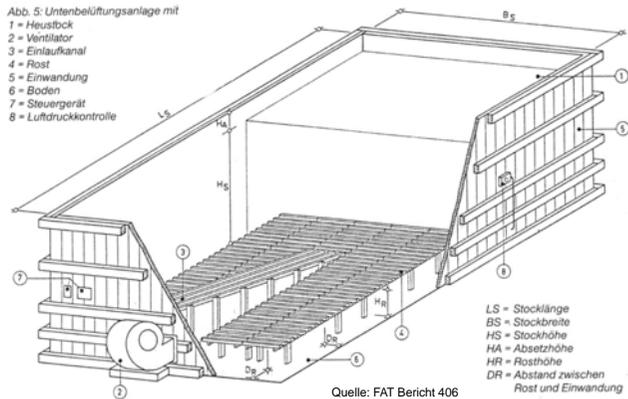
Ziehschachttrocknung

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Die Boxentrocknung

Abb. 5: Untenbelüftungsanlage mit

- 1 = Heustock
- 2 = Ventilator
- 3 = Einlaufkanal
- 4 = Rost
- 5 = Einwandung
- 6 = Boden
- 7 = Steuergerät
- 8 = Luftdruckkontrolle

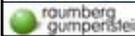


HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Bestimmung der Stockgrundfläche und -höhe

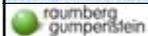
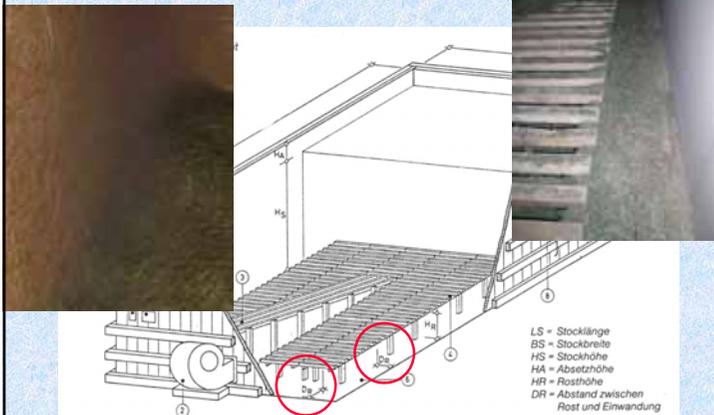
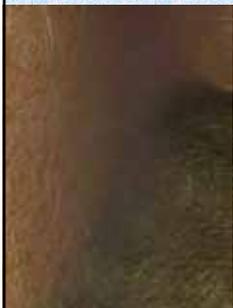
↪ **7-8 m²/GVE** – 50 GVE = 70-80 m²
 bei 5 m Stockhöhe

↪ **5 Hektar** Einfuhrmenge bei 3000 kg Heu/ha
 = 43 m³/ha Raumbedarf x 5 ha = 215 m³ bei
 2,0 m Schütthöhe = **rd. 100 m²** Grundfläche



HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Abstand - Einwandung



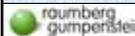
HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Einwandung: Abstand zum Rost (DR)

Stockbreite	Stocklänge in m						
in m	8	10	12	14	16	18	20
4	30	35	35	35	40	40	40
6	40	45	45	50	50	55	55
8	45	55	55	60	65	65	70
10	55	60	65	70	75	80	80
12	55	65	70	80	85	85	90
14	60	70	80	85	90	95	100

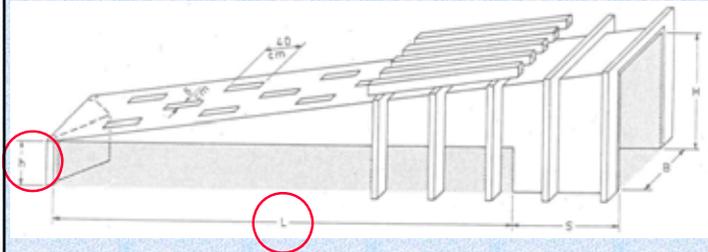
Quelle: FAT Bericht 406

> Stöcke über dieser Fläche unterteilen



HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Ansaug- u. Zufuhrkanal - Dimensionierung



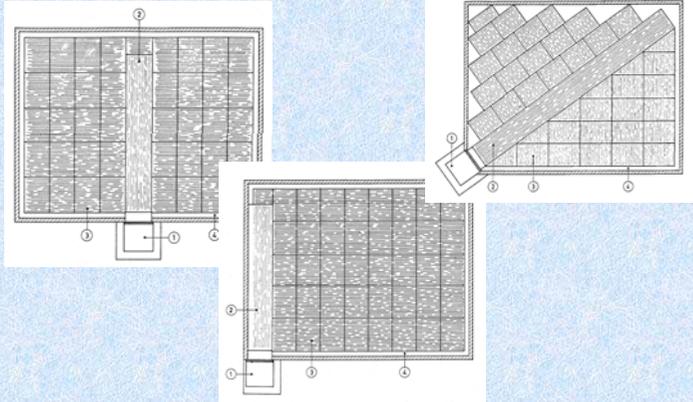
Quelle: FAT Bericht 406

Ansaug- und Zufuhrkanal

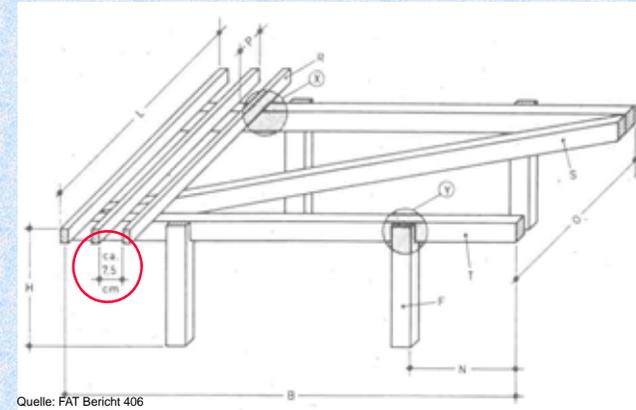
Heustock- grundfläche m ²	Kanal- querschnitt m ²	Innenmaße *) m	Dimension der Balken bei einem Abstand von 50 cm cm
40	0,9	0,95 x 0,95	06/06
60	1,3	1,15 x 1,15	06/06
80	1,8	1,35 x 1,35	06/06
100	2,2	1,50 x 1,50	06/08
120	2,6	1,65 x 1,65	06/10
140	3,1	1,75 x 1,75	06/10
160	3,5	1,90 x 1,90	06/10
180	4	2,00 x 2,00	06/10

Quelle: FAT Bericht 406

Einblasrichtungen



Dimensionierung der Roste



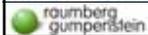
Quelle: FAT Bericht 406

Dimensionierung der Roste

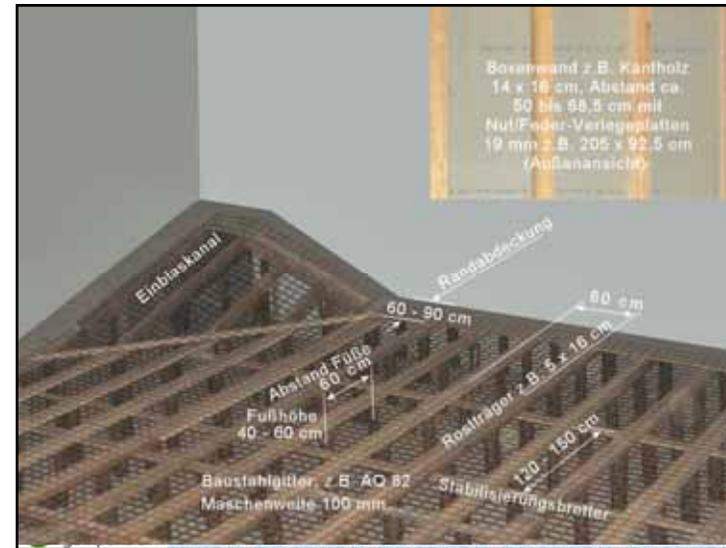
Rostbreite (B) cm	Rostlänge (L) cm	Überkragung der Doppellatten (N) cm	Abstand der Doppellatten (O) cm	Überkragung der Dachlatten (P) cm	Rosthöhe (H) cm	Stockfläche m ²
100	100	15	70	15	30	bis 50
100	120	15	90	15		
100	150	15	120	15		
120	100	20	70	15	35	bis 100
120	120	20	80	20		
120	150	20	100	25		
150	100	25	70	15	40	bis 150
150	120	25	80	20		
150	150	25	100	25		

Quelle: FAT Bericht 406

Heute: mind. 50 cm!



HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger



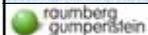
Dimensionierung der Lüfter

Tabelle 5: Zu erwartender Druckverlust PF (Pa) durch den Heustock und allfälliger Bauteile Z zur Luftkonditionierung

Luftmenge VL (m ³ /s x m ²)	0,11	0,07
Druckverlust pro m Stockhöhe Pa		
Pflanzenbestand :	PF1	PF2
Ausgewogen	160	110
gräser- oder kräuterreich	120	80
kleereich	240	150
Druckverlust durch Bauteile in Pa		
Sonnenkollektor	120	50
Wärmepumpe	150	60
Luftentfeuchter	70	30

Beispiel: 6 m Höhe – Hälfte = 3m * 160 ausgewogen + 120 Sonnenkollektor (+ 200 Pa Druckreserve) = 800 Pa; der Ventilator muss bei 600 (800) mbar Gegendruck noch 11 m³/s für 100 m² GF leisten

Quelle: FAT Bericht 406

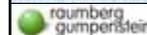


HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

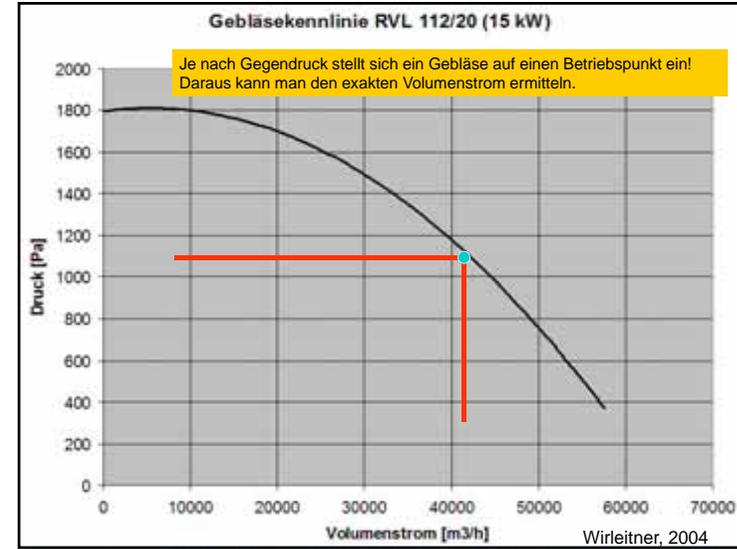
Dimensionierung der Lüfter

Lüfter-		*p mbar	2	3	4	5	6	7	8
Firma A	n 960U/min	Q m³/s	8,7	8,2	7,7	7,1	6,4	5,9	5,2
Typ X1	NelN 5,5 kW	Nel kW	5,5	5,9	6,1	6	6,1	6,3	6,3
Nr. 0001	*pmax 10,1 mbar	Eta %	31	42	51	59	63	66	66
Firma A	n 960U/min	Q m ³ /s	13,6	13	12,3	11,6	10,6	9,7	8,6
Typ X	NelN 9,2 kW	Nel kW	9,4	9,9	10,3	10,5	10,5	10,6	10,5
Nr. 0002	*pmax 11,1 mbar	Eta %	30	39	48	55	60	64	66
Firma A	n 1043U/min	Q m ³ /s	13,5	12,9	12,4	11,8	11	10,2	9,3
Typ X1	NelN 10,0 kW	Nel kW	10,3	10,9	11,2	11,7	11,5	11,7	11,7
Nr. 0003	*pmax 11,6 mbar	Eta %	26	36	44	51	57	61	64
Firma A	n 660U/min	Q m ³ /s	15,6	14,1	12,6	10,9	8,8		
Typ X1	NelN 7,5 kW	Nel kW	7,3	8	8,1	8,4	8,4	8,4	8,4
Nr. 0004	*pmax 6,9 mbar	Eta %	43	53	62	65	64		

Quelle: FAT Bericht 406



HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger



Erforderliche Motorleistung

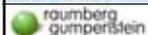
Stockgrundfläche	Motor KW
Bis 50 m ²	5 – 7,5 kW
50 bis 100 m ²	7,5 – 10 (15) kW
100 bis 150 m ²	10 – 15 (20) kW

Die angegebenen Werte sind Orientierungswerte.
Zur tatsächlichen Berechnung eines Gebläses für die Heutrocknung braucht es eine Gebläsekennlinie
Wichtig: liefert mir das Gebläse bei 1.200/1.500 Pa Gegendruck noch die erforderliche Mindestmenge an Luft = 300 m³/h und m² Stockgrundfläche



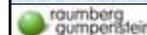
Die Rundballentrocknung



 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Rundballentrocknung - Rahmenbedingungen

- ↪ **Arbeitswirtschaft in der**
 - Aussenwirtschaft (Futterernte) voll MR-tauglich
 - Innenwirtschaft (Rundballenhof)
- ↪ **Lagerraumbedarf**
theoretisch bis zu 50 % geringer
praktisch rund 20 % geringer
- ↪ **Restfeuchtegehalt bei der Einfuhr ist meist zu hoch >18%**

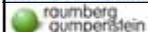
 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Arbeitswirtschaft

- ↪ **Ladewagen**
 - Laden, Transport **1,4 Akh /ha**
 - Einlagerung **1,3 Akh /ha**
 - = 2,7 Akh/ha**
- ↪ **Rundballen**
 - Pressen **0,6 Akh /ha**
 - Abfuhr/Einlagern **1,5 Akh /ha**
 - = 2,1 Akh/ha**

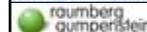
Ballen 180 X 120

Quelle: Weingartmann, 2000

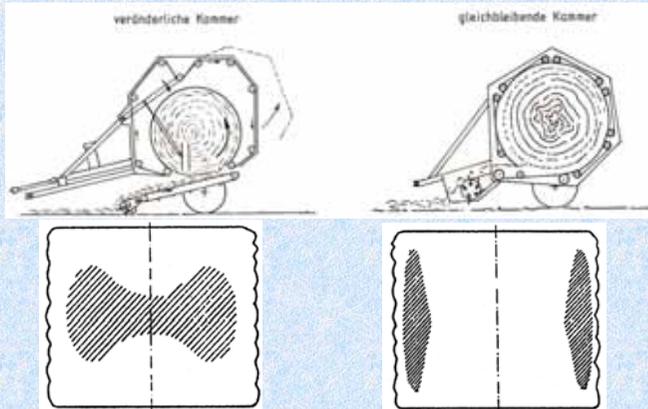
 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

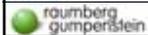
Technische Voraussetzungen am Feld

- ↪ **Breiter gleichmäßiger Schwad**
Mittelschwader – Schwadbreite verstellbar
- ↪ **Gleichmäßig abgetrocknetes Futter**
(Randflächen)
- ↪ **Leichte lockere Ballen - Bänderpresse**
- 100 (max. 150) kg TM/m³
- ↪ **Schwadverteiler vor der Pick up - Sternräder**
- ↪ **Netzbindung besser als Garnbindung**

 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

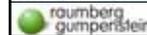
Pressensysteme



 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

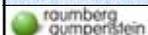
Pressensysteme - Bild



 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

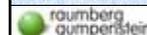
Rundballentrocknungstechnik

- ↪ Lüfter – Radiallüfter 1500 – 2000 m³/h bei 1500 bis 2000 Pa Gegendruck!!!
- ↪ Verteileranlage – Blech, Beton, flex. Schläuche mit Zwischenring
- ↪ Anwärmung: Ölofen (50 bis 150 kW); Entfeuchter oder Solaranlage
- ↪ Überdachung/befestigter Platz

 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Rundballentrocknung mit Verteilerschläuche und -ringe



 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Doppelstock Groß_RB Trocknung



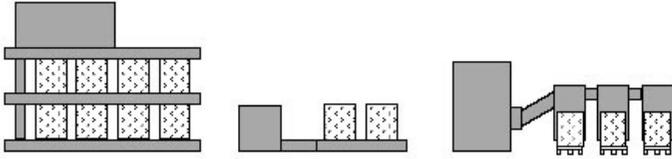
Hydraulisch verstellbare Luftkanäle

Ölofen mit 120 kW

Zuführkanäle

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Geprüfte RB-Trocknungsanlagen



Inventagri
Oben-/Untenbelüftung mit festem Belüftungskasten
Dieselmotor/Holzheizung*
*Anlage von Landwirt modifiziert

Geba-Zumstein
Untenbelüftung mit festem Belüftungskasten
E-Motor/Ölheizung

Tecnomal
Obenbelüftung mit PVC-Hauben
E-Motor/Ölheizung

Quelle: FAT Bericht 616

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Oben-/Untenbelüftung (Inventagri)



Quelle: FAT Bericht 616

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Untenbelüftung (Geba_Zumstein)



Quelle: FAT Bericht 616

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Obenbelüftung (Tecnoclam)



Quelle: FAT Bericht 616

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Trocknungsleistung (kg H₂O/h.dt TM)

Pressensystem	Dichte kg/m ³	Inventagri kg h ⁻¹ dt ⁻¹ TS	Geba kg h ⁻¹ dt ⁻¹ TS	Tecnoclam kg h ⁻¹ dt ⁻¹ TS
Bandpresse Ø1,50 m	110	1,9	-	1,4
Bandpresse Ø1,20 m	195	-	1,0	-
Festk.presse Ø1,20 m	209	1,2	-	1,2

Quelle: FAT Bericht 616

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

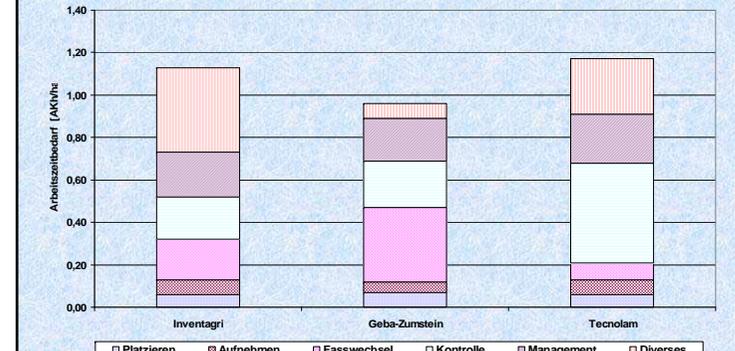
Trocknungsleistung (kg H₂O/h.dt TM) lfz

Pressensystem	Dichte kg/m ³	Inventagri kg h ⁻¹ dt ⁻¹ TS	Geba kg h ⁻¹ dt ⁻¹ TS	Tecnoclam kg h ⁻¹ dt ⁻¹ TS
Bandpresse Ø1,50 m	110	1,9	-	1,4
Bandpresse Ø1,20 m	195	-	1,0	-
Festk.presse Ø1,20 m	209	1,2	-	1,2

Ergebnis: zu dicht gepresste Ballen (>150 (160) kg TM/m³ brauchen deutlich länger auf der Trocknungsanlage auch bezogen auf die Gesamtmasse!!!

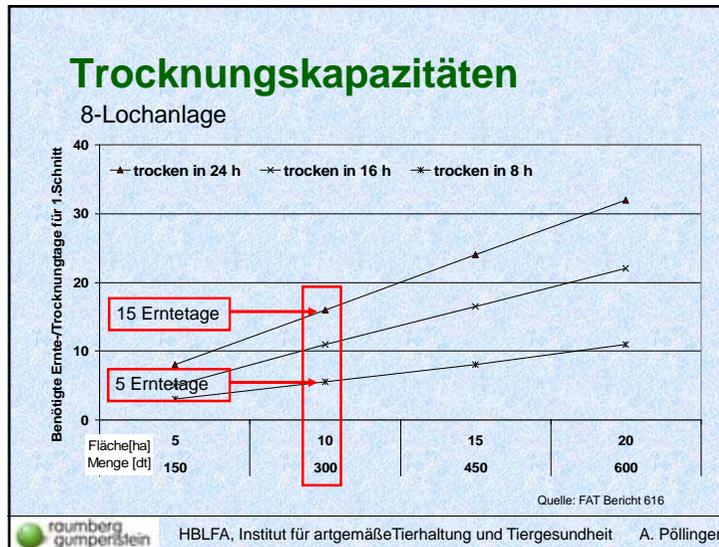
Quelle: FAT Bericht 616

Arbeitszeitbedarf am Lager



Quelle: FAT Bericht 616

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger



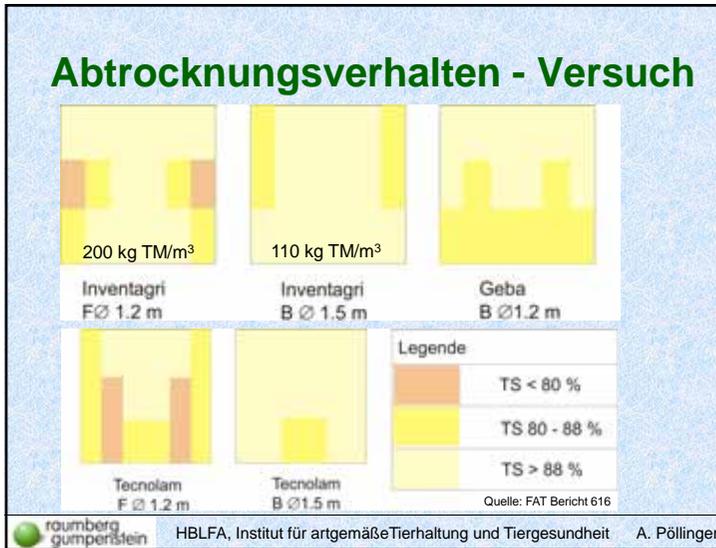
- ### Probleme der RB-Trocknung
- ↪ Kapazität der Trocknungsanlage – 0,4 bis 1,9 ha/Tag
 - ↪ Luftführung im Rundballen und Futterqualität
 - ↪ Platzbedarf - Rangierfläche
 - ↪ Manipulation der Rundballen
 - ↪ Kosten - Anschaffung
- roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

- ### Rundballen und Luftführung!
- ↪ **Die Ballenpresse bestimmt die Luftführung:**
Variable Kammer – 80 bis 120 kg TM/m³
Festkammer – 40 bis 50 kg TM/m³ im Kern
 - ↪ **Dichteverteilung und Schnitt**
51 bis 120 kg TM/m³ – 1. u. 2. Schnitt
72 bis 235 kg TM/m³ – 3. Schnitt
 - ↪ **Unterschiedliche Dichten ergeben Feuchtenester**
7 bis 30 % Restfeuchte (siehe Bild)
- roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Feuchtenester bleiben

Unterschiedliche Abtrocknung bei unterschiedlicher Dichte im Ballen – im Kern 10% TS anstreben

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger



Maschinen und Gerätetechnik Pressenversuch 2007

- ↪ **5 bzw. 7 verschiedene RB-Pressen**
mit variabler Kammer wurden eingesetzt (2xKrone, 2xDeutzFahr, JohnDeere, Welger, NewHolland)
- ↪ **Traktor-Fendt 312** (91,2kW/125 PS)
Fahrgeschwindigkeit – 8 / 10 km/h
- ↪ **Pressdichte - Weichkern**
- Einstellungen – Einstellmöglichkeiten
- ↪ **Erntearbeiten – Arbeitskette**
Mähen – Zinkenaufbereiter
Zetten/Wenden – 3x 1. Schnitt, 5x 2. Schnitt
Schwaden – 2Kreisel-Mittelschwader – 110-120 cm



Versuchsfragestellung/Ziele

- ↪ **Erreichbare Pressdichte bei Silagen, Was ist die richtige Pressdichte für die Rundballentrocknung**
- ↪ **Welche Einstellmöglichkeiten zur Regulierung der Pressdichte gibt, v sind diese zu bewerten/zu beurteilen**
- ↪ **Wie sieht die richtige Dichteverteilung im Rundballen aus – für einen optimalen Trocknungsverlauf**



Einstellmöglichkeiten Pressenversuch 2007 Deutz-Fahr

RB 4.90/Varimaster



- ↪ **Einstellung über den Bedienterminal des Traktors**
 - Pressdruck
 - Größe Weichkern
 - Druckanstieg wie groß und ab wann
- ↪ **Weichkern - Ja**
zentimetergenaue Einstellung



Einstellmöglichkeiten Pressenversuch 2007 John Deere

RB 592 Premium



- ↪ **Pressdruck – Rändelschraube am Druckbegrenzungsventil ohne Skalierung – nach Erfahrung**
- ↪ **Pressdruckkontrolle**
Manometer mit Farbskalierung, Ballendichte
- ↪ **Weichkern - Ja**
Taste am Monitor ohne weitere Definition



Einstellmöglichkeiten
Pressenversuch 2007
Krone
VarioPack 1500



- ↪ Pressdruck – Rändelschraube am Druckbegrenzungsventil mit Skalierung
- ↪ Pressdruckkontrolle Manometer, Ballendichte
- ↪ Weichkern - Nein



 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Einstellmöglichkeiten
Pressenversuch 2007
Krone
Comprima V150



- ↪ Pressdruck – Rändelschraube am Druckbegrenzungsventil mit Skalierung – linke Maschinenseite
- ↪ Pressdruckkontrolle Manometer, Ballendichte
- ↪ Weichkern – Ja – über Bedienterminal am Traktor



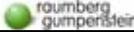
 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Einstellmöglichkeiten
Pressenversuch 2007
New Holland
BR 740A (BR7060)



- ↪ Pressdruck – Stellrad re/hinten, hoch oben + Druckfeder für Ballenkammer mit Schraubenschlüssel
- ↪ Pressdruckkontrolle Manometer an der Vorderseite, Ballendichte
- ↪ Weichkern – Nein



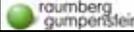
 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Einstellmöglichkeiten
Pressenversuch 2007
Welger
RP 435



- ↪ Pressdruck Bedienmonitor vom Traktor – 10 stufig
- ↪ Pressdruckkontrolle Manometer mit mehrstufiger Farbskalierung keine li/re Füllkontrolle
- ↪ Weichkern – Ja Bedienmonitor – 6 stufig



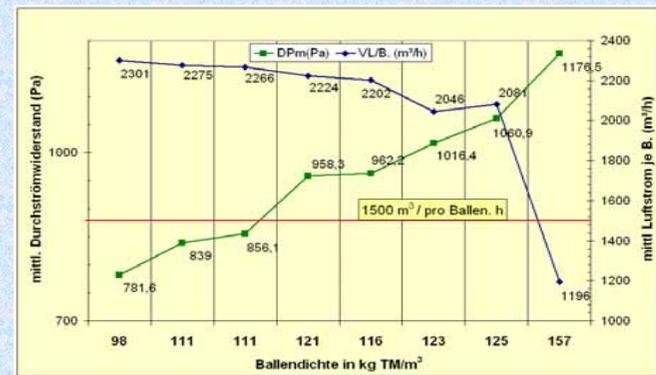
 HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Durchströmwiderrstand (D_{pm}) und spezifischer Luftdurchsatz/Ballen in Abhängigkeit von der Ballendichte – 1.Schnitt, DW



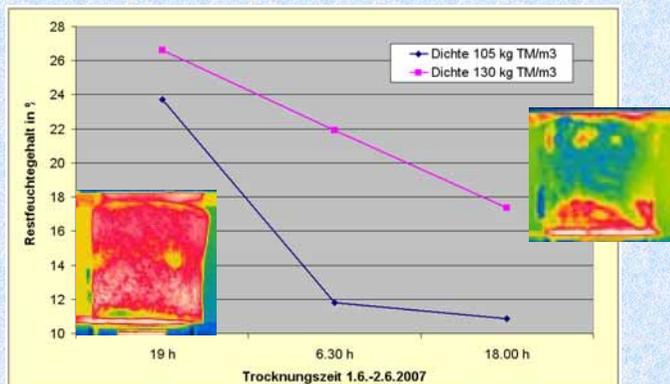
roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Durchströmwiderrstand (D_{pm}) und spezifischer Luftdurchsatz/Ballen in Abhängigkeit von der Ballendichte – 2.Schnitt, WW



roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

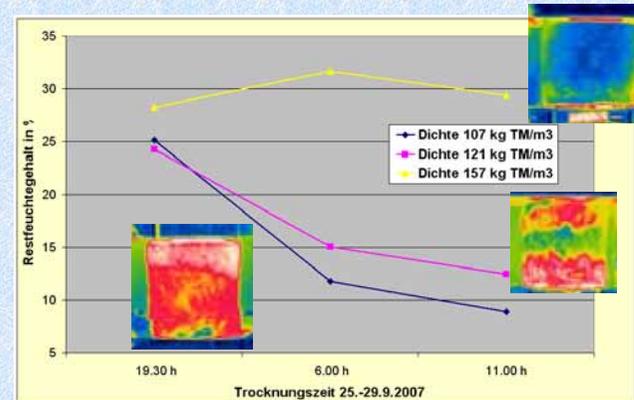
Abtrocknungsverlauf in Abhängigkeit von der Dichte der Heurundballen



Gräserdominante Dauerwiese, 1.Schnitt, späte Nutzung,

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

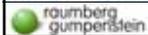
Abtrocknungsverlauf Heurundballen – 2.Schnitt, Wechselwiese



roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

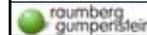
- ↪ Der Einsatz von Mähaufbereitern zur Heuernte ist sinnvoll (ausgenommen Hangmechanisierung)
- ↪ Die gleichmäßige Schwadablage breite von 110 cm schaffte optimale Voraussetzungen für die Pressarbeit / gleichmäßige Dichte der Ballen
- ↪ Locker gepresste Rundballen mit 110 bis 120 kg TM/m³ trocknen 2-3 mal so schnell ab, wie Rundballen die fest gepresst werden, benötigen aber um 30-40 (70) % mehr Lagerraum



HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

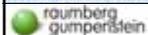
- ↪ Eine einfache und mit Manometer zu überwachende Pressdruckeinstellung ist wichtig
Nur Farbskalierungen zur Druckkontrolle und Pressfedernverstellungen brauchen sehr viel Praxiserfahrung und sind umständlich.
- ↪ Eine re/li Füllkontrolle des Pressraumes über den Bedienmonitor erleichtert die gleichmäßige Befüllung und entlastet den Fahrer
- ↪ Der Pflanzenbestand hat großen Einfluss auf die Dichtpressfähigkeit der Rundballen.



HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

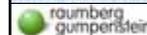
- ↪ Eine laufende Feuchte- und Temperaturkontrolle an den Rundballen ist während und auch nach „fertiger“ Trocknung wichtig
- ↪ Bei der Endtrocknung sollten immer mehrer Messungen pro Ballen durchgeführt werden um Feuchtenester in 15 bis 30 cm Tiefe sicher zu entdecken
- ↪ Die sensorische Heubewertung ist eine gute Möglichkeit um Probleme bei der Trocknung zu erkennen bzw. in weiterer Folge auszuschließen



HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

- ↪ Die Bröckelverluste beim Pressen waren vernachlässigbar gering (<1%)
- ↪ Stabkettensysteme dürfte leichte Vorteile gegenüber Riemenpressen haben
- ↪ Mit allen getesteten Pressen sind nach entsprechender Einstellung – die mehr oder weniger aufwändig ist – gut belüftbare Rundballen zu schaffen



HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Rundballentrocknung NEU!

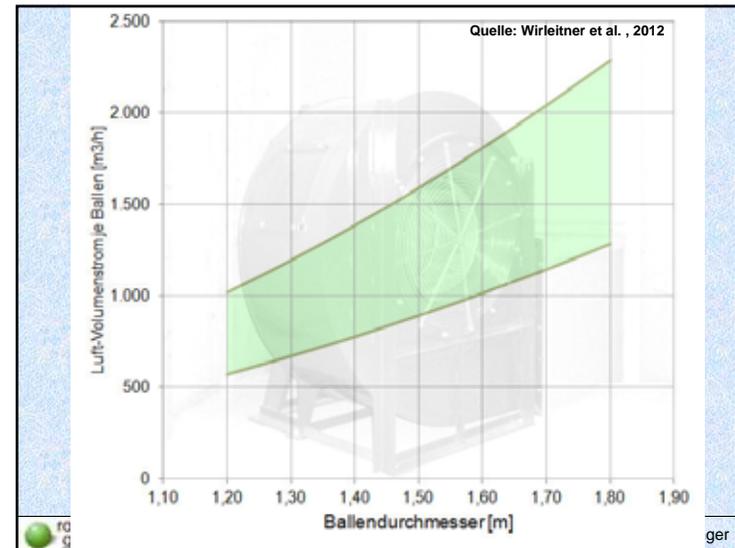
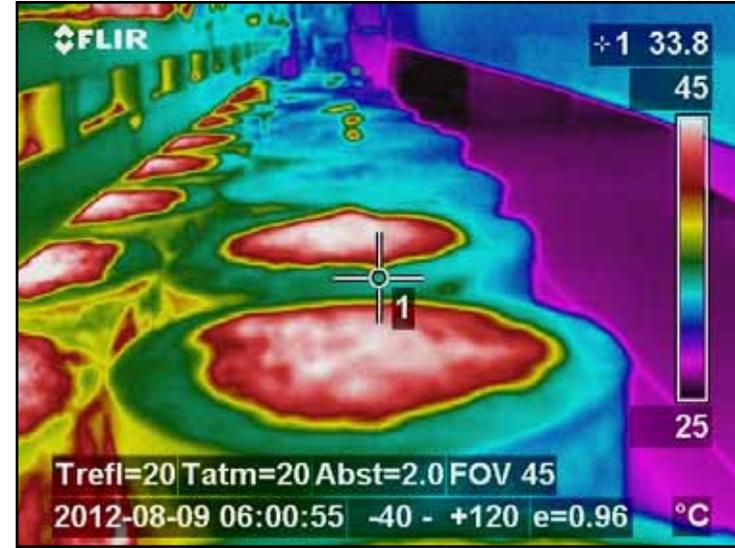
- ↪ Betrieb Fink bringt neue Erkenntnisse!!!
- ↪ 57 Rundballenlochanlage
- ↪ 58 kW Kompressor (Entf.)
- ↪ 18 und 11 kW Gebläse für 38 (unten) und 19 Ballen (oben)
- ↪ 170 – 180 cm große Rundballen

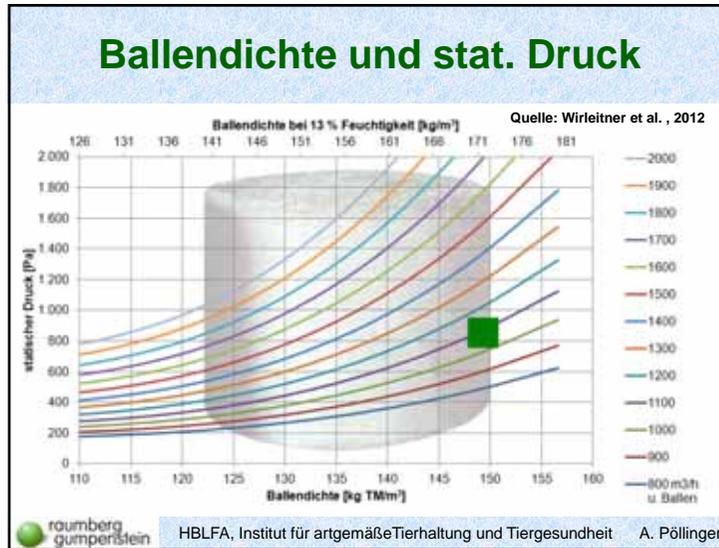


Rundballentrocknung NEU!

- „Ringadapter“ 145 cm im Durchmesser!!!
- Geringe Luftmenge 1.100 m³/Ballen
2,5 l/min Kondensleistung!!!
- Bei 800 bis 1000 Pa Gesamtdruck
- Dichte: 130 bis 170 kg TM/m³
ideal 140 bis 150 kg TM/m³
- Fertige Ballen haben 550 bis 750 kg
- Trocknungszeit: 16 bis 24 Stunden
- Wichtig: Isolierung nach Außen und Innen!

Heutrocknung





Zusammenhang Ballenlochgröße und Abtrocknungsgeschwindigkeit

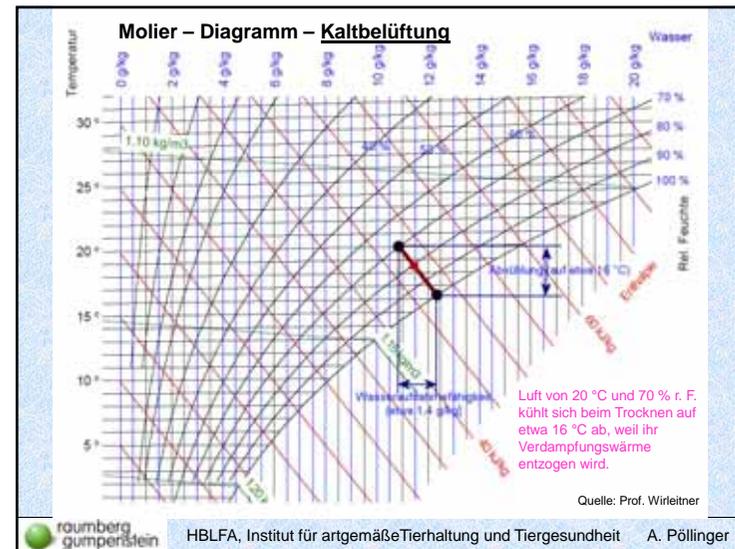
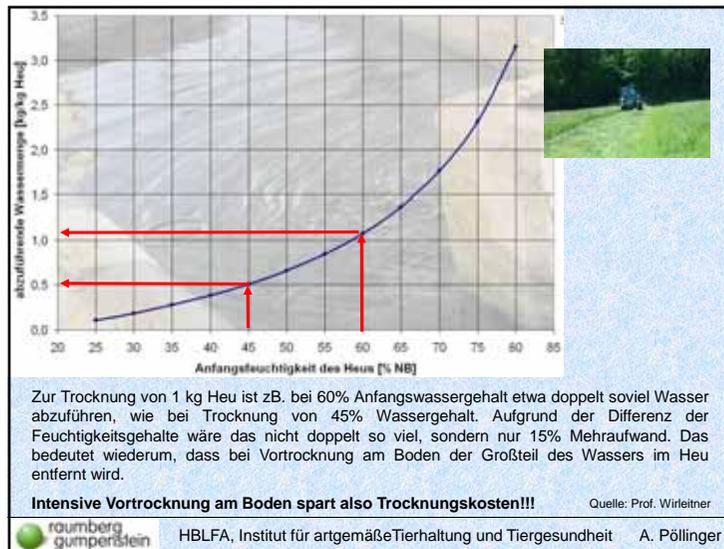
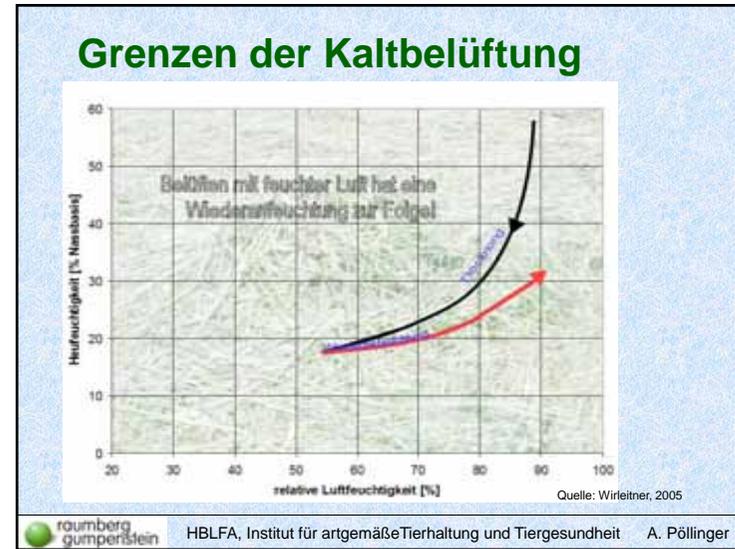
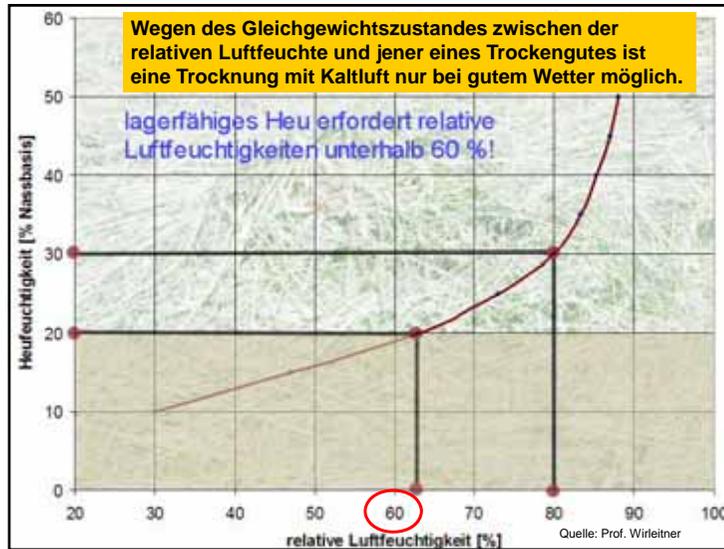
Ballenloch [m]	Frischgewicht [kg]	Gewicht nach 8 Std. [kg]	Trocknungsgeschwindigkeit [kg Wasser/h]
0,9	625	595	3,75
1,5	610	558	6,50
1,5	604	550	6,75

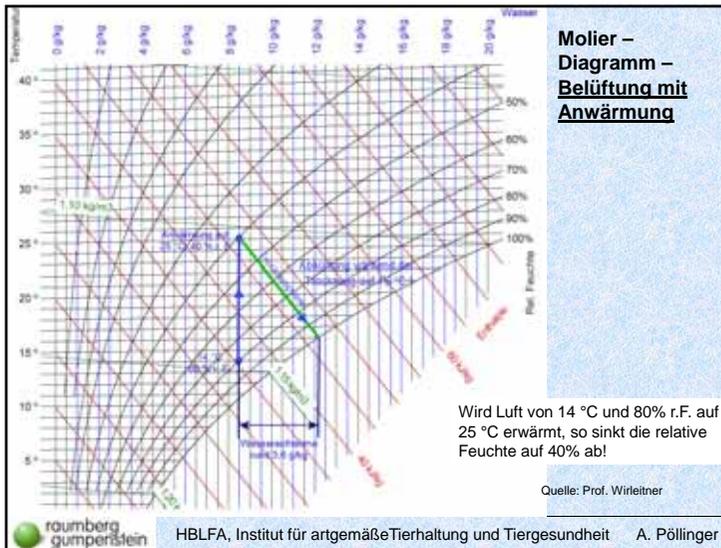
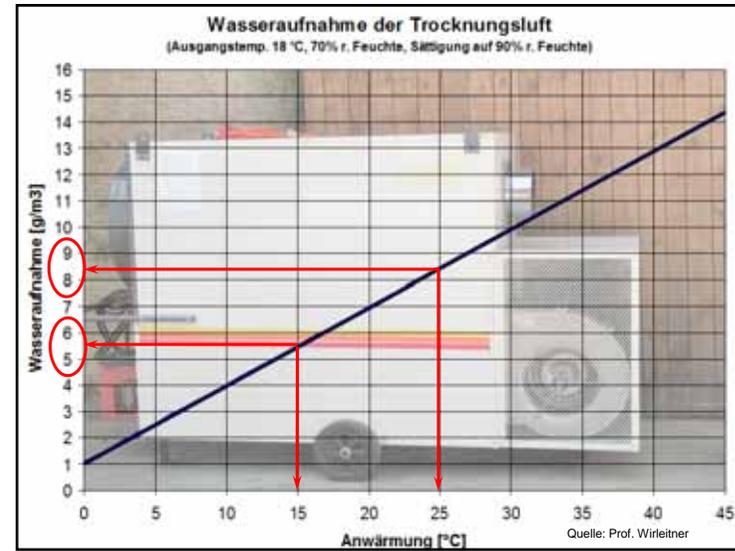
Quelle: Wirleitner et al. , 2012

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

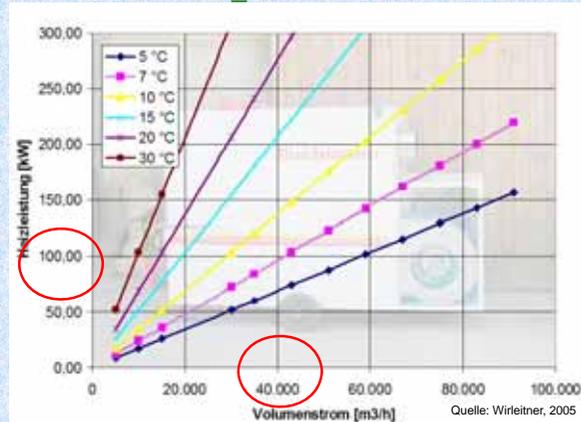


- ### Luftanwärmung oder Luftfeuchtung?
- ↪ Heutrocknung ohne Anwärmung – Kaltbelüftung
 - ↪ Warmluftofen – Heizöl
 - ↪ Registerheizung – Hackschnitzel ua.
 - ↪ Solare Luftanwärmung
 - ↪ Entfeuchtertrocknung
- roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger



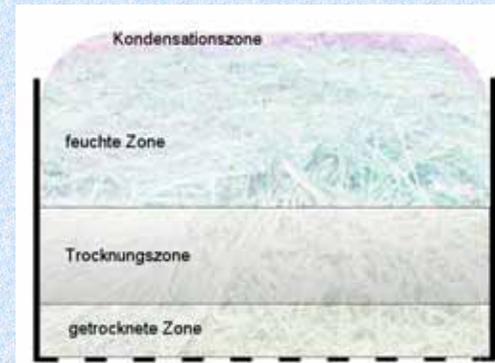


Erforderliche Heizleistung für 100 m² Stock_Grundfläche



roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Gefahr - Rekondensation



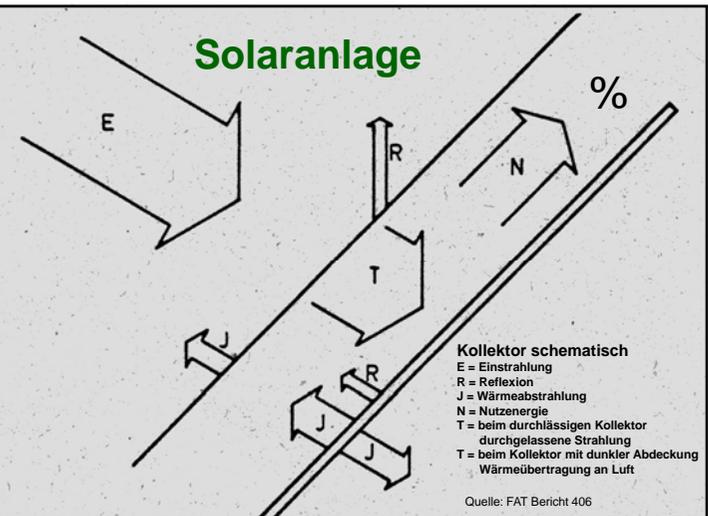
roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Allgemeine Planungsdaten

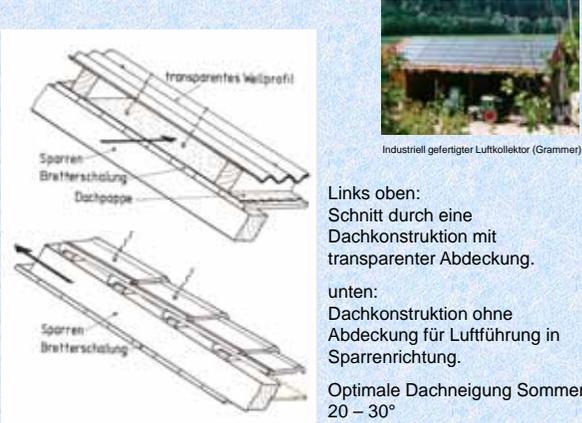
- **Boxengröße:** 25 m²/ha Chargenfläche
4 ha = 100 m² Boxengrundfläche
- **Ventilatorgesamtdruck** 100 – 240 Pa/m Stockhöhe. z.B. 5 m = 1.000 Pa + 300 Pa für Entfeuchter u. Solaranlage
- Erforderlicher **Volumenstrom:** 400 m³/m² (0,11 m³/sec.m²) Stockgrundfläche
- **Heizleistung** (Warmbelüftung für 10°C Anwärmung): 12 kW/m³/sec – 100 m² = 0,11*12*100 = 132 kW

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Solaranlage



roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger



transparentes Wellprofil
Sparren
Breiterschalung
Dachpappe

Industriell gefertigter Luftkollector (Grammer)

Links oben:
Schnitt durch eine Dachkonstruktion mit transparenter Abdeckung.

unten:
Dachkonstruktion ohne Abdeckung für Luftführung in Sparrenrichtung.

Optimale Dachneigung Sommer:
20 – 30°

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Solaranlagen - Dachdeckungen

Eternit: 40-50%	Blech: 45-55%	Ziegel: 35-40%
transparent: 50-60%	Holzschindeln: 30-35%	

Quelle: FAT Bericht 406

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

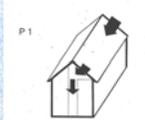
Bilder - Details



roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Dachkollektoren – 2,0 bis 2,5 fache Fläche bezogen auf die Stockgrundfläche

P 1



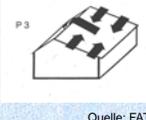
Eine einfach Lösung für eine Dachflanke mit einseitigem, stirnseitigem Ansaug- und Sammelkanal auf der gegenüberliegenden Seite

P 2



Diese Anordnung findet man oft bei deckenlastigen Scheunen. Die Luft wird von beiden Stirnseiten angesaugt und in der Mitte durch einen unterkant Binder bündigen Sammelteil zum Lüfter gebracht. Bei dieser Variante ist der heruntergehängte Sammelkanal Bestandteil des Kollektors.

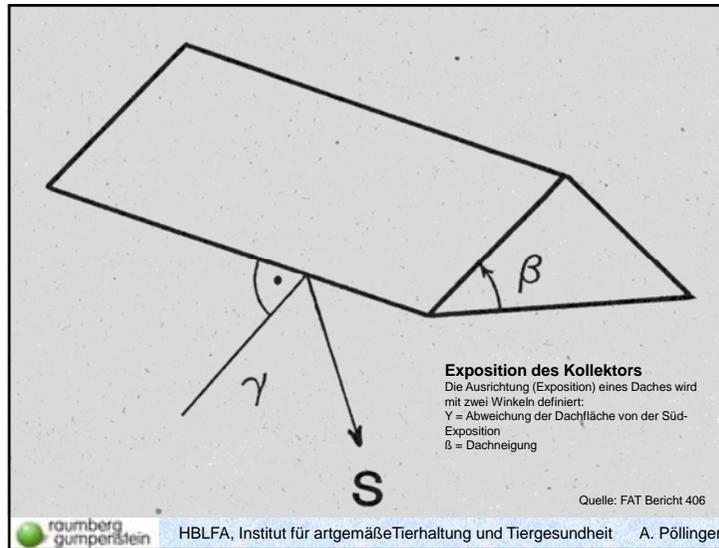
P 3



Diese Form trifft man bei größeren Bauten wie Boxenlaufställen an. Der Stall liegt meistens südseitig unter einer nur leicht geneigten Dachfläche. Der Heustock befindet sich auf der Nordseite. Die Lüfter stehen dann, vor allem bei Greiferbetrieben auch an der kalten nördlichen Außenwand, für eine Kaltbelüftung denkbar schlechte Voraussetzungen. Nachteile dieser Lösung sind lange Zufuhrkanäle. Dafür kommt zum Effekt des Sonnenkollektors noch der Vorteil der günstigeren Ansaugbedingungen.

Quelle: FAT Bericht 406

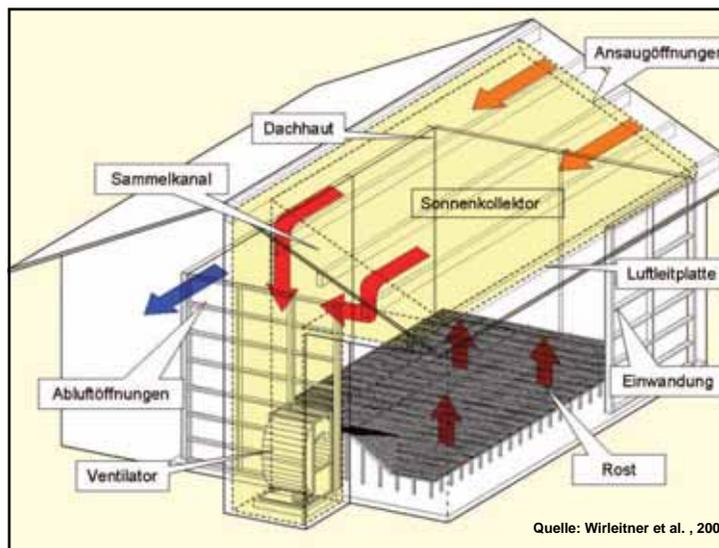
roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger



Exposition und Dachneigung

Exposition (Abweichung von Süd)	Dachneigung				
	10°	20°	30°	40°	50°
Grad	10°	20°	30°	40°	50°
0 Süd	98	100	99	96	89
30	97	99	98	94	88
60	95	94	92	89	83
90 West/Ost	91	88	84	79	72
120	88	81	73	65	57
150	86	76	65	52	39
180 Nord	95	74	62	47	32

Quelle: FAT Bericht 406



Faustzahlen Solartrocknung



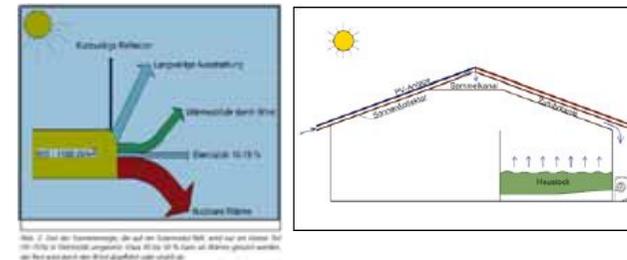
- Kollektorfläche: 2,5 fache der Boxengrundfläche
- Nutzbare Leistung je m² Kollektorfläche bei 800 W/m² Einstrahlung – 200 bis 350 W/m²
- Luftgeschwindigkeit im Kollektor: 4 – 6 m/sec
- Luftgeschwindigkeit Sammelerschächte: nicht über 4 m/sec besser 3 m/sec
- Sammelkanal konische Form bei Gibelabsaugung (gleiche Geschwindigkeit!)
- Umlenkungen: 45 ° nicht 90 °

Photovoltaik und Heutrocknung

- Kombinierte Nutzung von Strom und Wärme aus der Sonne – bis 4 kW Wärme/m² Kollektorfläche
- Wirkungsgrad der Photovoltaikanlage kann erhöht werden – Temperaturanstieg der Photovoltaik-Panelle max. 20°C sonst bis zu 27°C
- Wirkungsgrad: 0,4 % mehr Strom bei 1°C weniger Temperatur auf den Panellen.
- Problembereiche – Lösungen notwendig:
 - Dichtheit der Photovoltaikanlage
 - Hinterlüftung während der Nichtwärmenutzung

Mechanische Luftkühlung!?!

- FAT 709 Abbildung 12 einfügen



Mechanische Luftkühlung!?!

- FAT 709 Abbildung 14 obere Abbildung einfügen

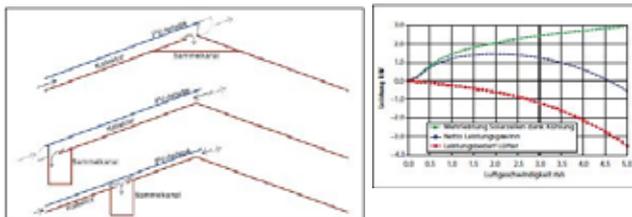
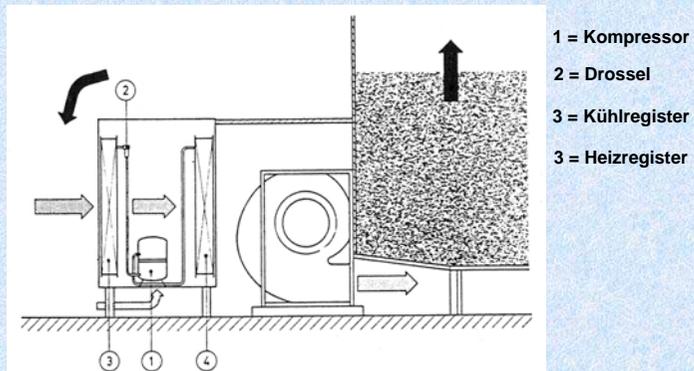


Abb. 12: Um eine minimale Kühlung der Solarwärmekollektoren außerhalb der Heublüfungszeit zu vermeiden, ist eine natürliche Lüftung durch thermischen Auftrieb notwendig. Je nach Position der Sammelkanäle sind dazu Klappen zu öffnen.

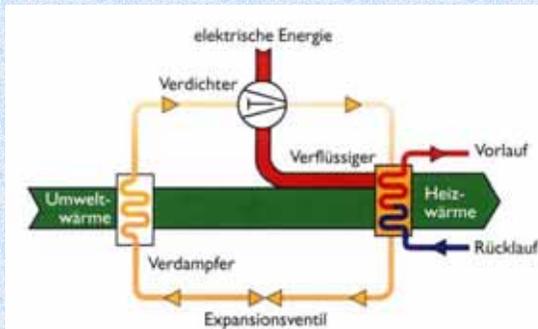
Luftentfeuchteranlage



- 1 = Kompressor
- 2 = Drossel
- 3 = Kühlregister
- 3 = Heizregister

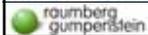
Quelle: FAT Bericht 406

Funktionsprinzip Entfeuchter



PETER RITTER VON RITTINGER (1811 - 1872)

Quelle: Prof. Wirleitner



HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

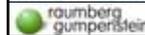
1 = 3, 4 oder 5 ??



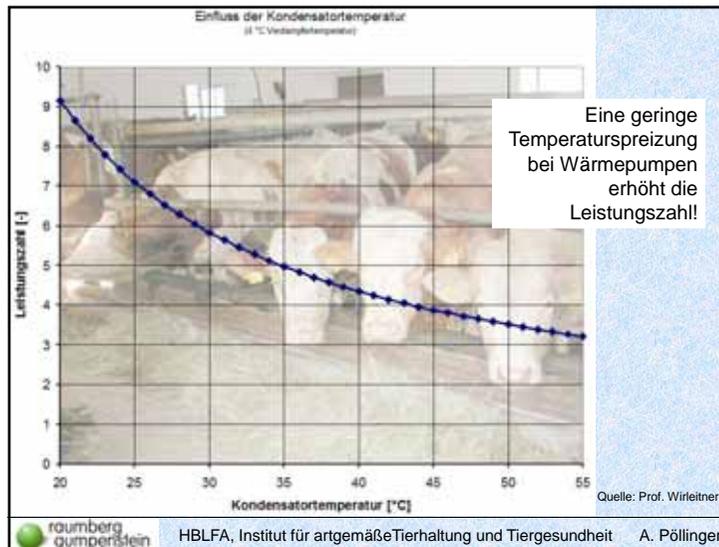
Die Leistungszahl (Arbeitszahl) einer Wärmepumpe gibt an, wie viel Leistung am Kondensator aus einer kWh aufgewendeter Kompressorleistung gewonnen werden kann!

Die Leistungszahl ist von der Differenz zwischen Verdampfer- und Kondensator-temperatur abhängig.

Quelle: Prof. Wirleitner

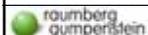


HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

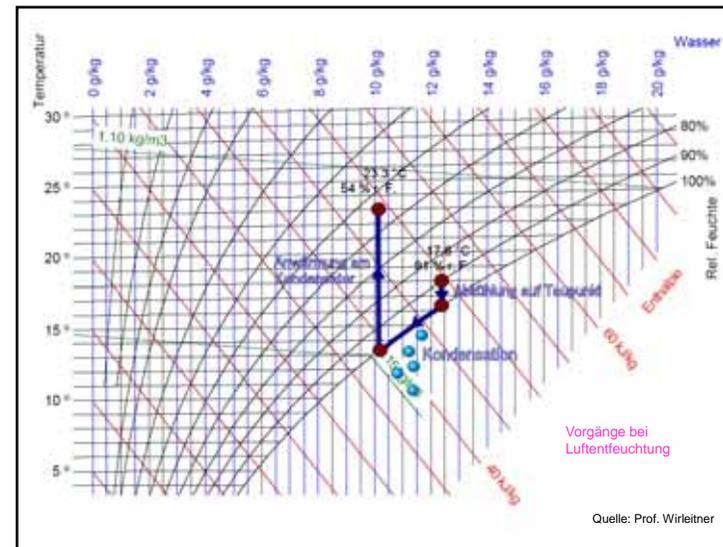


Eine geringe Temperaturspreizung bei Wärmepumpen erhöht die Leistungszahl!

Quelle: Prof. Wirleitner

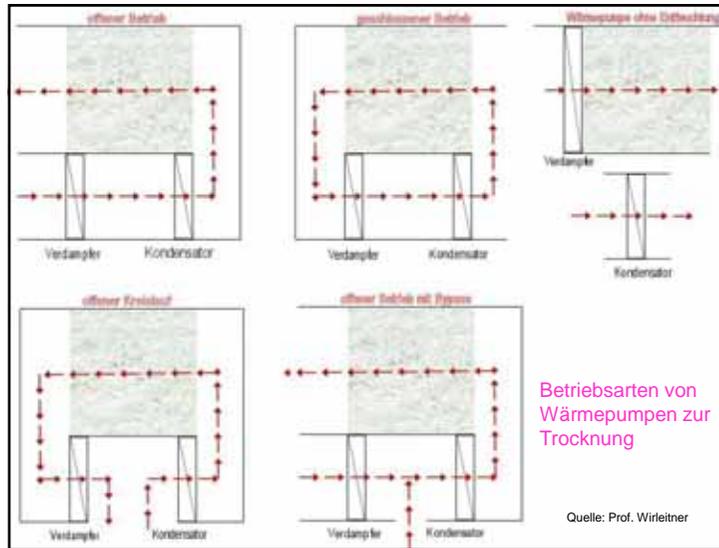


HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger



Vorgänge bei Luftentfeuchtung

Quelle: Prof. Wirleitner



Offenes Verfahren:

- Vereisung des Verdampfers bei Temperaturen unter 10 °C möglich (-)
- Niedrigere Wärmepumpenleistung erforderlich (+)
- Einfachere Kombination mit Kaltbelüftung. Durch Bypassluft oder erhöhte Lüfterleistung lässt sich die Leistungszahl günstig beeinflussen (+)

Geschlossenes Verfahren:

- Keine Verdampfervereisung (+)
- Wärmepumpe arbeitet stets günstig bei hoher Luftfeuchtigkeit (+)
- Hohe Wärmepumpenleistung erforderlich (-)
- Bei Betrieb ohne Wärmepumpe Feuchtigkeitskreislauf möglich (-)

Quelle: Prof. Wirleitner

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Entfeuchter – geschl. Kreislauf

Bild: Prof. Wirleitner

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

Planungsdaten für Trocknungsanlagen mit Wärmepumpe (geeignet für „Eintagesheu“)

- **30 m²** belüftete Fläche **je ha** Chargen-Erntefläche
- **3 bis 6 kW** (bei geschlossenem Betrieb bis 8 kW) Wärmepumpen-Nennleistung **je ha** Chargen-Erntefläche
- Lüfter-Volumenstrom **12.000 m³/h** je ha Chargen-Erntefläche oder **Lüfter-Nennleistung ca. 3,6 bis 4 kW je ha** Chargen-Erntefläche

Quelle: Prof. Wirleitner

roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

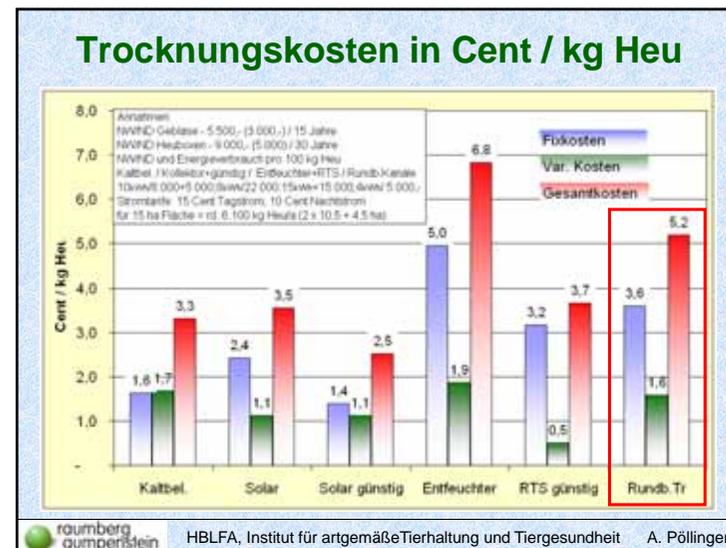
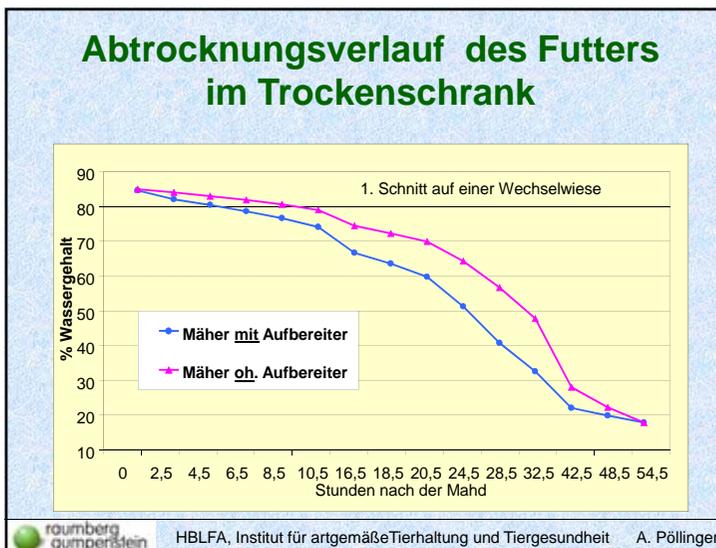
Planungsgrundlagen Entfeuchter lfz Landschaftsforstwirtschaft

- Stromanschluss beachten – 50 A für 100 m² (Entf.+Gebläse) sollten reichen – Steuerung! Geht nur mit Frequenzwandler oder geringen Anschlusswerten vom Entfeuchter *Leistung?!*
- Anschlusswerte: 2,4 kW / ha Erntefläche
- Verhältnis Wärmepumpenleistung / Gebläse 1 : 1 bei Hauptstrombetrieb, mit Bypass 0,5 : 1
- Ventilatorgebläsestrom 8-10.000 m³ / ha
- Pro 10 kW Kompressorleistung bis zu 0,5 l/min Entfeuchterleistung

Aufbereiter und Heutrocknung

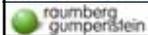


roumberg gumperstein HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger



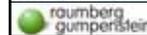
Schlussfolgerungen - RB

- ↪ Die Trocknung von RB erfordert eine aufwendige Technik
- ↪ Ohne Luftanwärmung läuft der Prozess mit Risiko der Schimmelbildung o. des totalen Verlustes ab
- ↪ Mit einfachen und kleinen Anlagen dauert die Trocknung lange



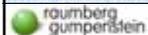
Schlussfolgerungen - RB

- ↪ Grosse Anlagen mit hoher Trocknungskapazität belasten die Trocknung von Rundballen mit hohen fixen Kosten
- ↪ Nur in Gegenden mit sehr guten Wetterbedingungen für die Feldtrocknung empfiehlt sich das Rundballenverfahren für Dürrfutter



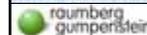
Schlussfolgerungen - Allgemein

- ↪ Mit künstl. Heutrocknung sind gute bis sehr gute GF-Qualitäten erzielbar
- ↪ Die Techniken zur solaren Luftanwärmung und Kaltbelüftung sind technisch ausgereift, zudem sind es die kostengünstigen Verfahren
- ↪ Die Entfeuchtertrocknung ist eine gute technische Weiterentwicklung – höchste Futterqualitäten sind erzielbar, jedoch sehr teuer in der Anschaffung



Schlussfolgerungen - Allgemein

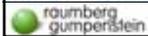
- ↪ Auch mit weniger guten GF-Qualitäten ist bis über 6000 kg Milchleistung ein pos. Betriebsergebnis erzielbar
- ↪ Unter folgenden Bedingungen ist eine wirtschaftl. Heutrocknung möglich:
 - sehr hohe Milchleistungen
 - hohe KF Kosten (über 30 Cent/kg)
 - guten Zuchtvieherlösen in HT-Gebiet



10 Regeln für die Heubelüftung:

- belüftete Fläche auf Erntefläche/Charge abstimmen (z.B. 25 – 35 m² je ha). Je Charge soll die Schichthöhe bei Kaltbelüftung 1,5 m, sonst 2 bis 2,5 m nicht übersteigen!
- Anlage für Trocknungszeit von **höchstens** 4 Tagen auslegen. Bei Schlechtwetter-Kaltbelüftung kann bereits nach 55 Stunden Schimmelbildung einsetzen
- Volumenstrom des Gebläses auf die belüftete Fläche abstimmen (z.B. 250 bis 500 m³/h,m²)
- Gebläsedruck je nach Anfangsfeuchte des Heus, Heustockhöhe und spezifischen Volumenstrom wählen (z.B. 150 bis 200 Pa je m Heustockhöhe)
- Sehr hohe Heustöcke vermeiden. Sie bringen überproportional große Strömungsverluste, ebenso Abwinkelungen in der Luftführung. Heustöcke zu mind. 2/3 der Höhe dicht umwandern. Eventuell die Trocknungsanlage nach Fertigtrocknung entleeren und neu beschicken, um die Kosten für den Gebläseantrieb zu verringern

Quelle: Prof. Wirleitner

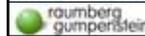


HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger

10 Regeln für die Heubelüftung (Teil 2):

- für ausreichend große Abluftöffnungen sorgen, um einen Feuchtigkeitskreislauf zu vermeiden (Ausnahme: geschlossener Wärmepumpenbetrieb)
- Anlage gleichmäßig und locker mit (möglichst vorgeschnittenem) Halbheu befüllen. Sofort bereits beim Beschicken der Anlage Gebläse einschalten, um ein Zusammensacken des Heus zu vermeiden
- Bei Kaltbelüftung Gebläse bei sehr hoher Luftfeuchte abschalten, jedoch bei Heuerwärmung über 35°C aus Sicherheitsgründen laufen lassen. Wärmepumpe je nach Trocknungszustand unter 50 bis 60% rel. Luftfeuchte besser abschalten
- Zur Vermeidung von Schimmelbildung (Heu staubt beim Entnehmen!) möglichst bis 14 % Wassergehalt heruntertrocknen
- Lange Vortrocknungszeit am Boden verringert die Trocknungskosten beträchtlich, beeinträchtigt aber das Wetterisiko. Wegen Bröckelverlust nicht unter 30 % Wassergehalt einfahren!

Quelle: Prof. Wirleitner



HBLFA, Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit A. Pöllinger