

Luftentfeuchter – können damit alle Probleme gelöst werden?

Luftentfeuchtung – Versuchsergebnisse, Grundfutterqualität/-leistung

A. Pöllinger¹⁾, C. Fasching¹⁾ und R. Resch²⁾

Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit ¹⁾

Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft ²⁾



MINISTERIUM
FÜR
LEBENSWERTE
ÖSTERREICH
HBLFA RAUMBERG – GUMPENSTEIN
LANDWIRTSCHAFT

Agricultural Research
and Education Centre (AREC)



„Strickhof Dürfutter-Profi / Mehrwert in der Dürfutterproduktion“
Freitag, 4. März, 2016 Strickhof, Lindau ZH

Inhalt



1. Heutrocknung a.d. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Projekthintergrund
2. Anlagen (baulich, technische Umsetzung)
3. Betriebsabläufe, Störfälle, Besonderheiten
4. Österreichweite Untersuchungen - Resch
5. Ergebnisse – Ablauf, Energiebedarf
6. Ergebnisse – Futterqualität und Milchproduktionswert
7. Zusammenfassung



Projekthintergrund



- Jahrzehntelange Forschung im Bereich der Silagekonservierung/Futterqualität a.d. HBLFA
- Ab 2000 stärkere Berücksichtigung auch der Heutrocknung u. der Futterqualitäten
- An der HBLFA wird 2009 ein Projekt mit Heufütterung geplant (Fa. HSR-Reindl / ThermoDynamik)
- Einbau einer Entfeuchteranlage kombiniert mit solarer Unterdachanwärmung an der HBLFA
- Bereits bestehende Anlagen an der HBLFA: Solare Unterdachanwärmung und Kaltbelüftung

Projektfragestellung



Vergleich unterschiedlicher Konservierungsverfahren von Wiesenfutter

- Entfeuchter-Trocknung
- Kaltbelüftung
- Bodenheu
- Silage



Im Bezug auf Futterqualität (Inhaltsstoffe, Mikrobiologie), **Energieeinsatz**, Futteraufnahme, Milchleistung



So soll das Futter aussehen!

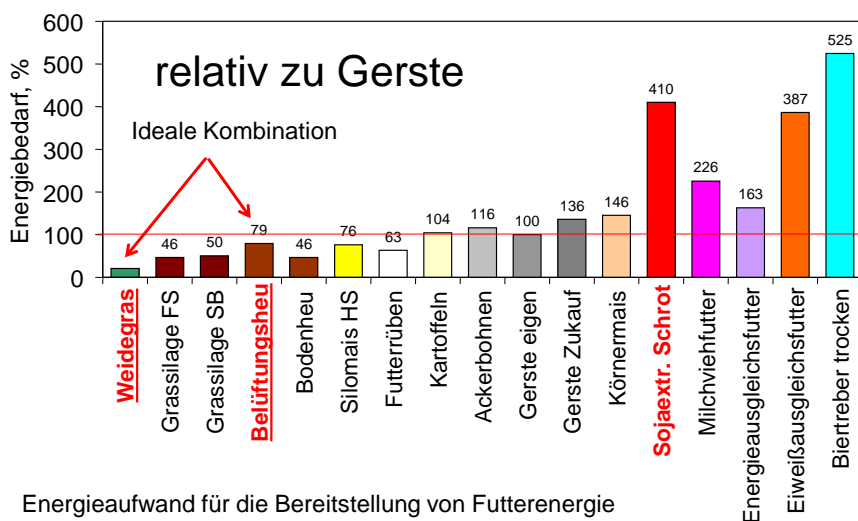


- Grüne Farbe
- Hoher Blattanteil
- Guter Heugeruch
- Kein Pilzgeruch

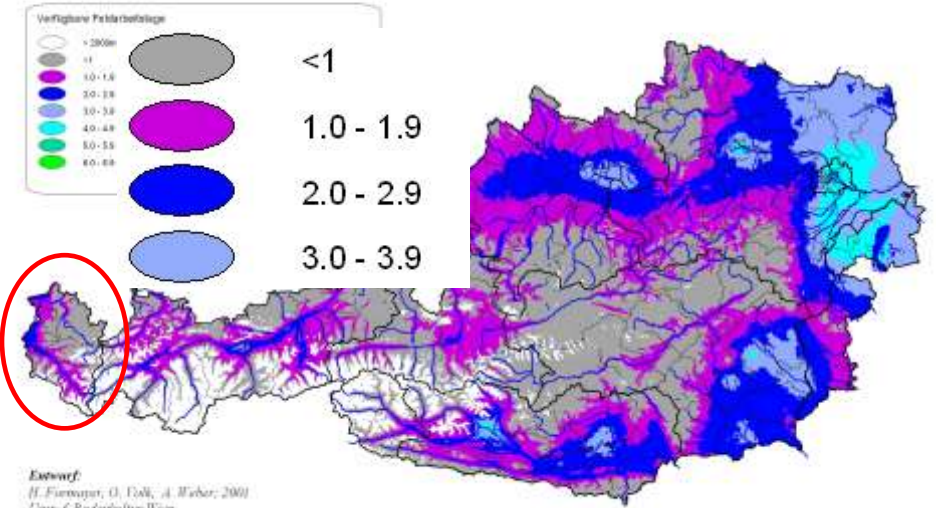


1. Schnitt, 18. Mai 2011, Stainacher Wiese, Dauerwiese - Entfeuchtertrocknung

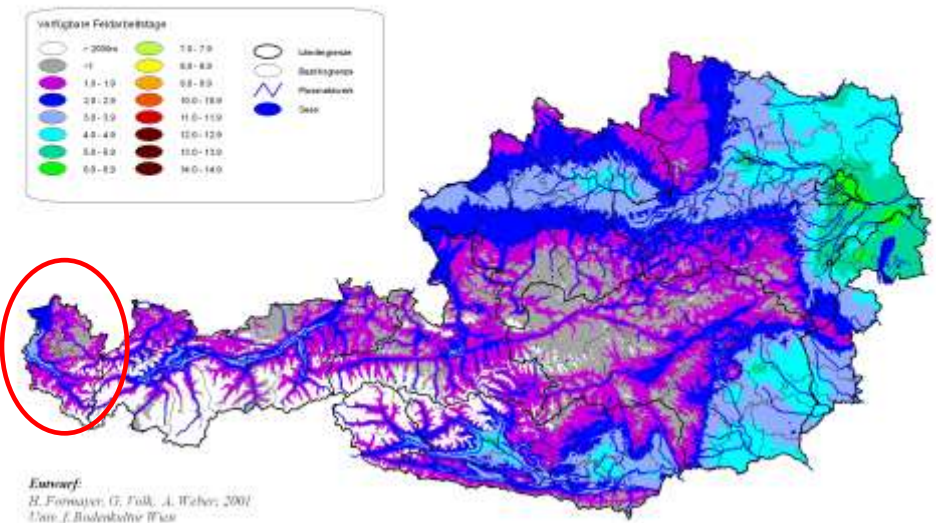
Herstellungs-Energiebedarf



Verfügbare Erntegelegenheiten (80%) für die 1. Junihälfte
Bodenheu (30 dt TM/ha), 1. Schnitt



Verfügbare Erntegelegenheiten (80%) für die 1. Junihälfte
Belüftungsheu (30 dt TM/ha), 1. Schnitt

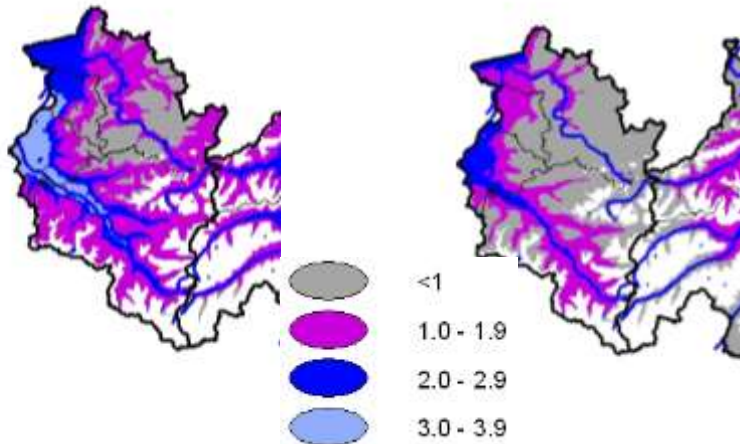


Erntegelegenheiten!

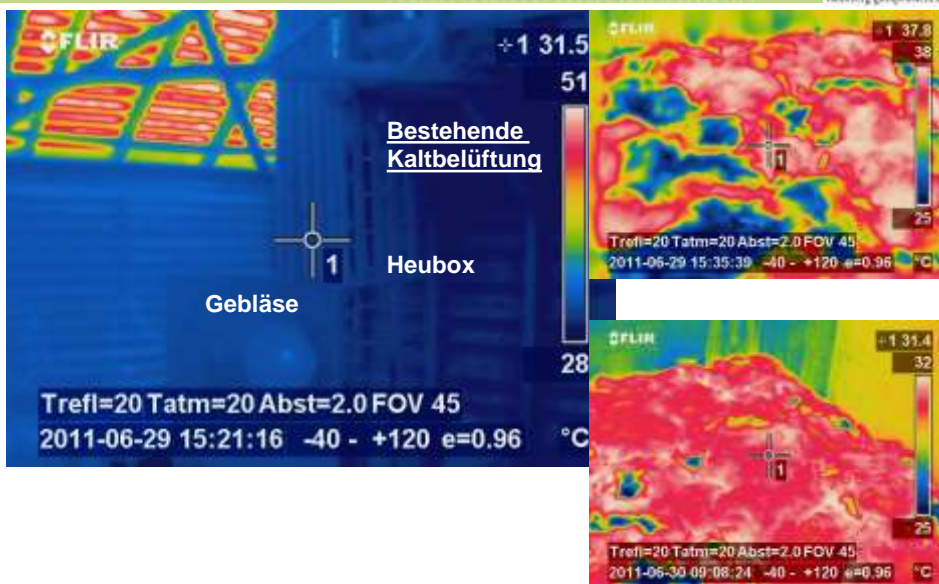


MIT künstlicher
Heutrocknung

Bei Bodentrocknung



Nutzung der Sonnenenergie!?



Kaltbelüftung

- 71 m² Stockgrundfläche
- Boxenhöhe: 3,90 m
- Rosthöhe: 45 cm
- **5,5 kW Gebläse**
- 28.200 m³/h – 490 Pa
(0,11m³/sec.m² Stockgrundfläche)
- Südseitig Ansaugung



Heutrocknungsanlage NEU!

Grundfläche: 96 m²
Rosthöhe 60 cm (Unterkante)
Aufleger: 50x150
Rundhölzer Abstand 60 cm
Baustahlgitter CQS 100
Seitliche Abdeckung 60 cm

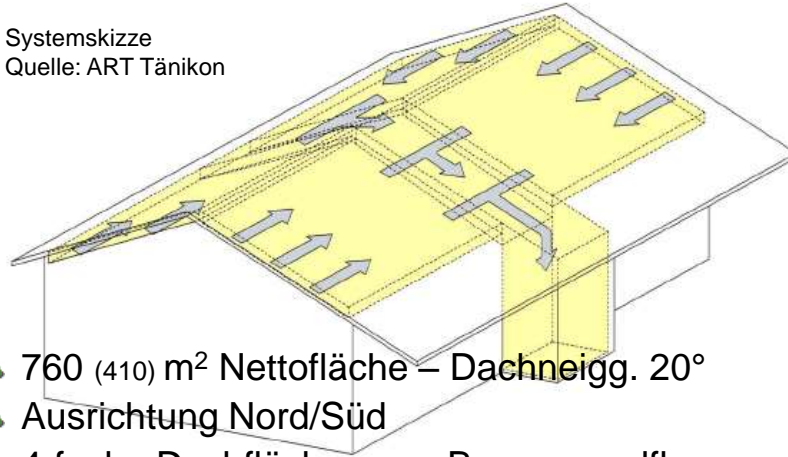
Einblasrichtung



Sonnenkollektor a.d. HBLFA



Systemskizze
Quelle: ART TÄNIKON

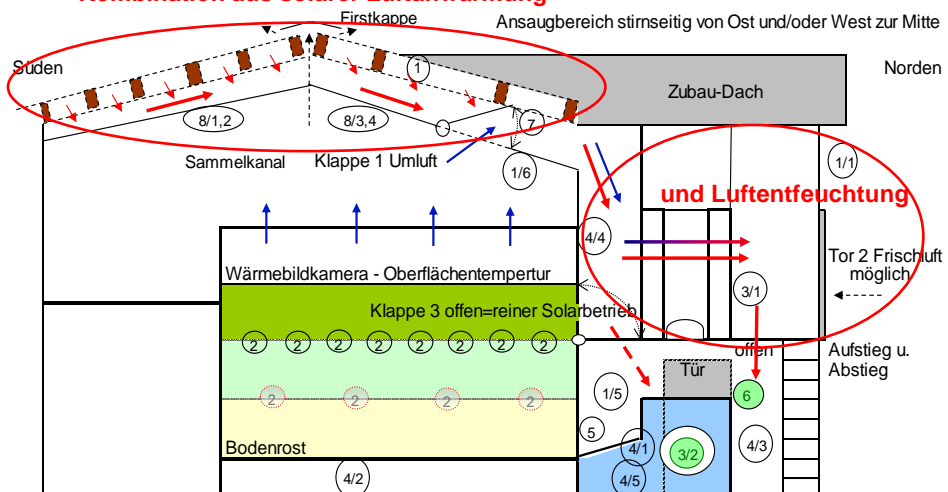


- 760 (410) m² Nettfläche – Dachneigg. 20°
- Ausrichtung Nord/Süd
- 4-fache Dachfläche – zur Boxengrundfl.
- Bei 200 W/m² (nordseitig reduz.) – 130 (71) kW

Anlagenschema Gumpenstein



Kombination aus solarer Luftanwärmung



Anschlusswerte

Quelle: G. Wirleitner



Hausanschluss-Sicherung	mögliche Leistung
25 A	14,4 kW
32 A	18,4 kW
50 A	28,7 kW
63 A	36,2 kW
80 A	45,9 kW

Zubau Lüfterkammer 2009/10



- außenliegende Lüfterkammer



Bemaßung: Grundfläche 3,7x4,0 m



Ventilator – SR 1000



Ventilator

Type	SR 1000 / 22 / 6 / RD 270
Baujahr	2011
<u>Luftfördermenge</u>	<u>55000 m³/h</u>
PA _{st}	603

Antriebsmotor

<u>Nennleistung PA</u>	<u>22 kW</u>
Nennstrom I _n , 400 V	44,5 A
V/Hz	400 V / 50 Hz
cos φ	0,83
Nendrehzahl	980 U/min



Heutrocknung - Einblaskanal



Entfeuchter WP - Daten



Luftentfeuchter-Wärmepumpe

Type	SR 60 N MJR
Baujahr	2011
Kältemittel	R407c
Kältemittelmenge	45 kg
Spannung	400 V
<u>E-Anschlussleistung</u>	<u>16 kW</u>



Entfeuchertrocknung



Mess- u. Regeltechnik

- Steuereinheit Ventilator FU – max. 28A bei gleichzeitigem Betrieb mit WP
- Entfeuchtung/Wassermenge: Kippzähler (je 100 ml)
- Luftmenge: Hitzdraht-anemometer mind. 2 m/sec max. 4 m/sec



Steuerung – NEU!



Heutrocknung SP
Technik für den Trocknungsprozess

ÜBERSICHT 8:29:17 AM
10/25/2012

Klappe

Anlage - Übersicht
 keine Steuerung
 Betriebsart: Aus
 Trockner: Aus
 Lüfter: Aus
 Heizregister: 0 s

Temp.- und Feuchtwerte

	Temperatur	Feuchte
Ober Heubox:	5.6 °C	83 %
Unter Heubox:	8.4 °C	67 %
Differenz:	2.8 °C	16.4 %

Differenz zur Außentemp
 2.2 °C

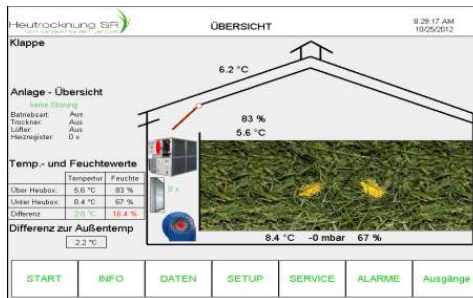
6.2 °C (Roof)
 83 %
 5.6 °C (Upper Haybox)
 8.4 °C (Lower Haybox) -0 mbar 67 %

START INFO DATEN **SETUP** SERVICE ALARME Ausgänge
 Einstellungen

Steuerung – NEU!



- Fernkontrolle und –steuerung via Internetzugang möglich
- Bessere Abstimmung zwischen Ventilator und Entfeuchter
- Mit Touchscreen einfachere und übersichtlichere Bedienung gegeben



Feldarbeitsabläufe: Mähen mit Mähauflbereiter:

- ca. 10 kW höherer Leistungsbedarf (3 m AB) ergibt 50 kWh/Boxenfüllung
- ca. 2-4 Stunden kürzere Trocknungsdauer in der Heubox – 60 – 120 kWh
- Ergibt 10 bis 100 kWh Einsparungspotenzial (12.000 kg TM = ca. 5 ha DW)



Arbeitsablauf



- Mähen – optimale Abstimmung!
Ab 2011 **MIT** Aufbereiter
- Zetten – Drehzahl 450 – 480 U/min!
Fahrgeschwindigkeit – ca. 6-8 (10) km/h!!!
„Aufbereitereffekt“, dann 300 – 350 U/min
- Schwaden – Mittelschwader – optimale Abstimmung!
- Ladewagen – mit Schneidwerk – 4 Messer
- Bröckel-/Rechverlustbestimmung
(ab 2011 außerhalb der Schwadspur!)



Zetten / Breitstreuen



- Beispiel 1:
geringe Fahrgeschwindigkeit
geringe Drehzahl am Kreisel
⇒ höhere Drehzahl!
- Beispiel 2:
mittlere Fahrgeschwindigkeit
hohe Drehzahl am Kreisel
⇒ langsamer fahren



Zetten Bröckelverluste und gleichmäßige Futterteilung ein Widerspruch?!



Zetten mit geringer Drehzahl!?



Oberflächlich trocken

– Gefahr von BV - Drehzahl angepasst!

unterhalb noch feucht

– Verteilung mangelhaft –
Futter „zusammengedreht“ – siehe Bild
Drehzahl zu gering!?



Was sind Bröckelverluste



Bröckelverlustbestimmung



Bröckelverluste



Werte in kg TM / ha.Schnitt

Mittelwert 2010-2012	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	MW	Differenz zu
Silage	160	169	127	162	154	0
EH	234	204	155	191	196	42
KH	292	264	258	273	272	118
BH	383	383	n.a.	392	386	232

n.a. = nicht auswertbar, fehlende Daten

Unterschied zwischen **Bodenheutrocknung**
und **Entfeuchterheutrocknung** von über
1.500 l Milch/ha.a (190 kg x 2 l M./kg x 4 Schnitte)
Kaltbelüftung – Entfeuchtertrocknung:
76 kg x 2 l x 4 Schnitte = **608 l Milch/ha.a**



Ladewagen Ernte 4 Messer



Wiegung
jeder
Erntefuhre

Einlagerung



- Gleichmäßige Boxenbeschickung!!!
- Erhöhung der Entfeuchterleistung um 20 % möglich durch „Aufschaukeln im Kreislauf“
Bsp. – händische Verteilung 4. Schnitt 2010
- „Boxenerhöhung“ notwendig – Problem der großen Heubergehalle!



Boxenraum nutzen – Grenzen!



Der „Wasserdeckel“ begrenzt die Schichthöhe:



Im Versuchsbetrieb:
Probleme mit zu geringer Schütthöhe –
ungleichmäßige Luftführung!

Beispiel:

feuchte Schicht mit 1,5 m Höhe,
Dichte 80 kg/m^3 ergibt je
Quadratmeter Stockfläche 120 kg
Welkheu.
Bei 40% Wassergehalt (= 60% TM)
sind in 120 kg Welkheu $120 \cdot 0,4 =$
48 kg Wasser enthalten.

G. Wirleitner, 2010

zulässig ist erfahrungsgemäß ein „Wasserdeckel“
von 50 kg/m^2 entsprechend 2 Sack Zement je m^2 !

„Wasserdeckel“



Gleichmäßige Einlagerung

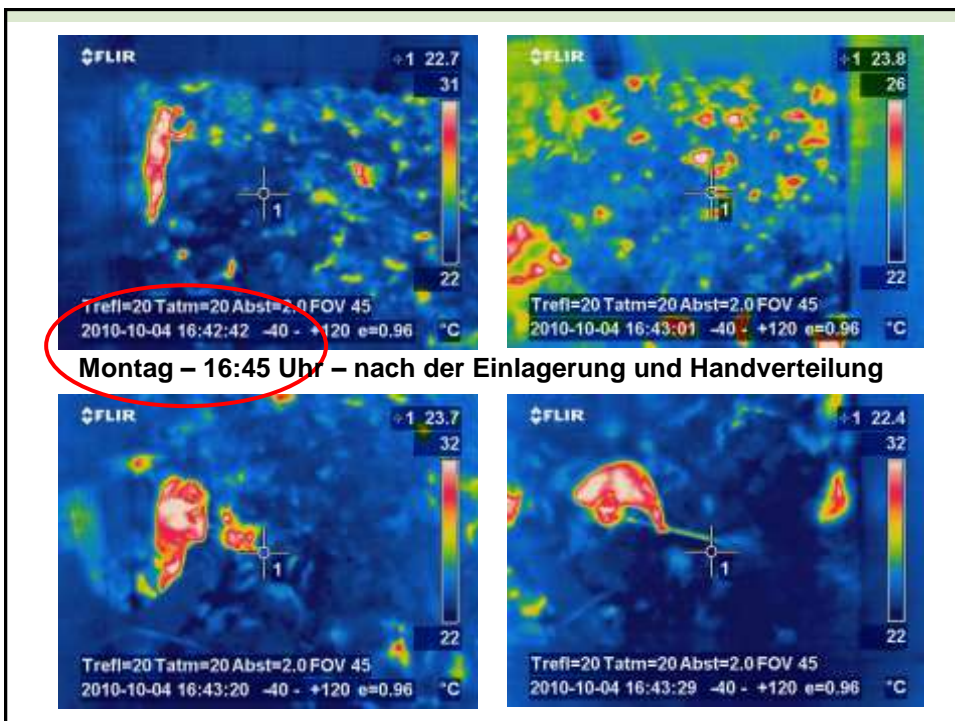
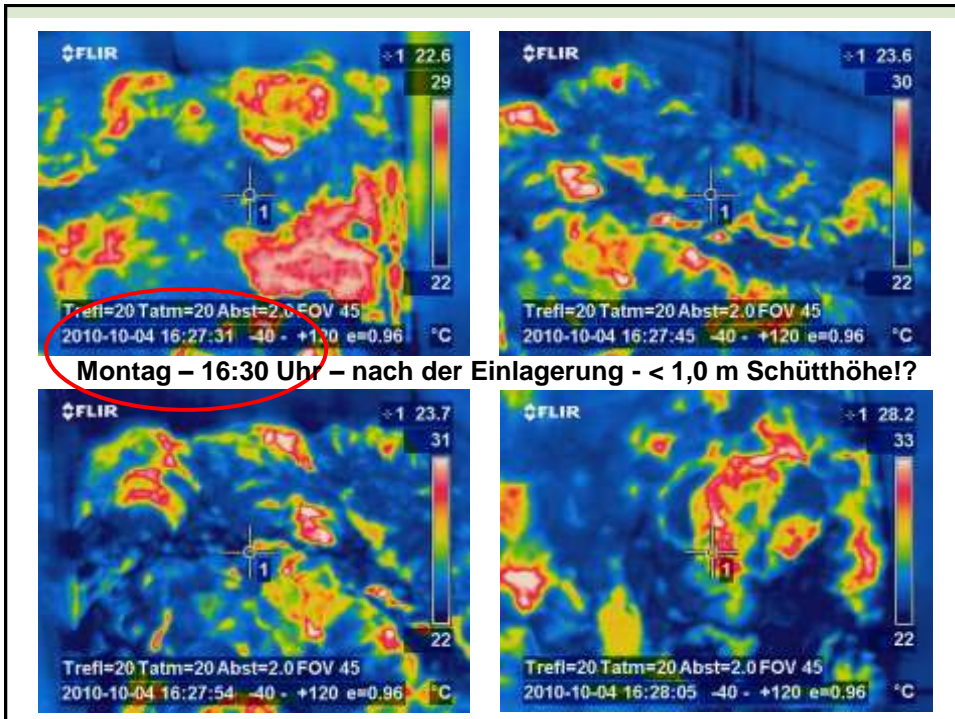


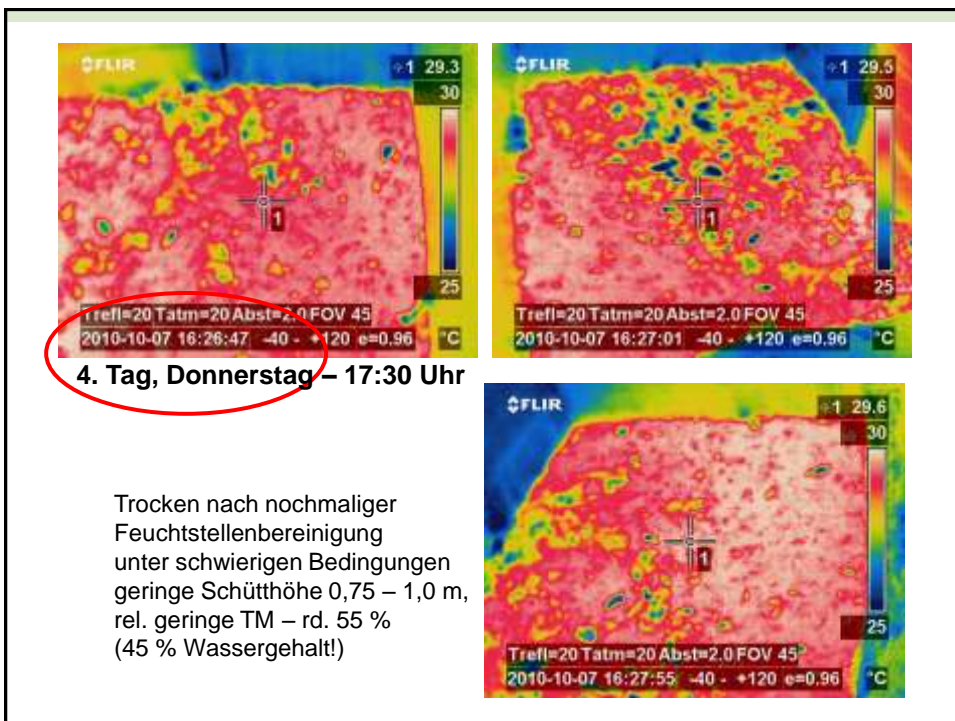
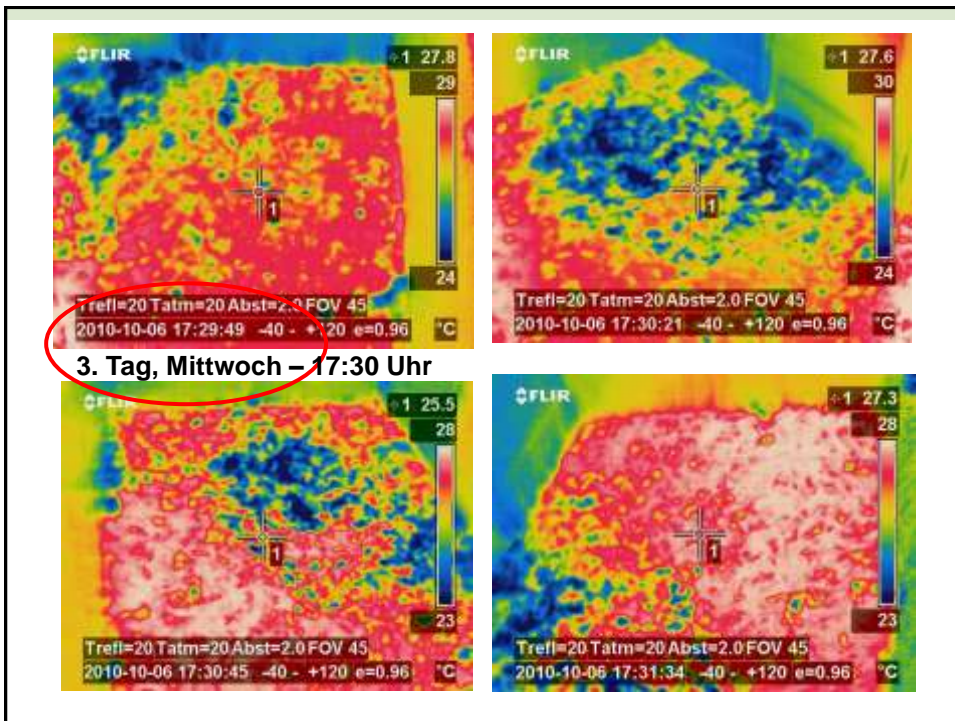
Optimale Futterverteilung!!!



1(2) Tag(e) Belüftungsdauer
kann eingespart werden
= 500 bis 600 kWh

Beispiel 4. Schnitt 2010
4. – 10. Oktober





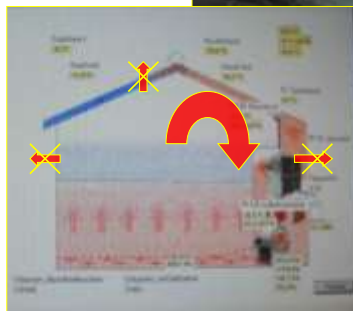
Warum Boxenerhöhung?



Wärmekreislauf „aufschaukeln“



- Boxenüberhöhung
- Wärmedämmung
- Abkühlung vermeiden $> 20^{\circ}\text{C}$
- Klappensteuerung

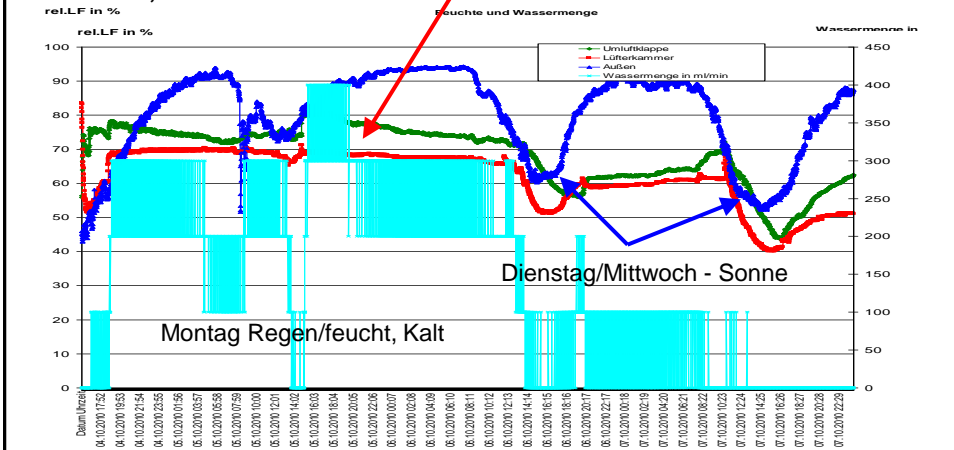


Entfeuchterleistung – 4.Schnitt



- Entfeuchtung bei guter Verteilung u. Boxenerhöhung 0,35 L/min

Rel.LF bei Umluftklappe und Lüfterkammer differieren – siehe rote/grüne Linie! – 10%

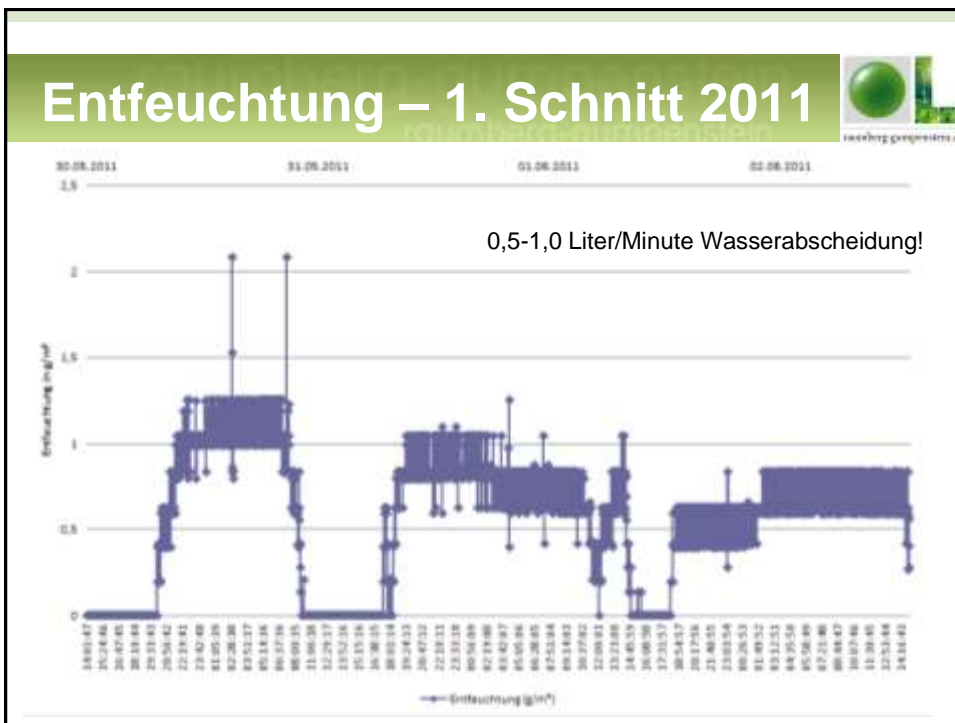
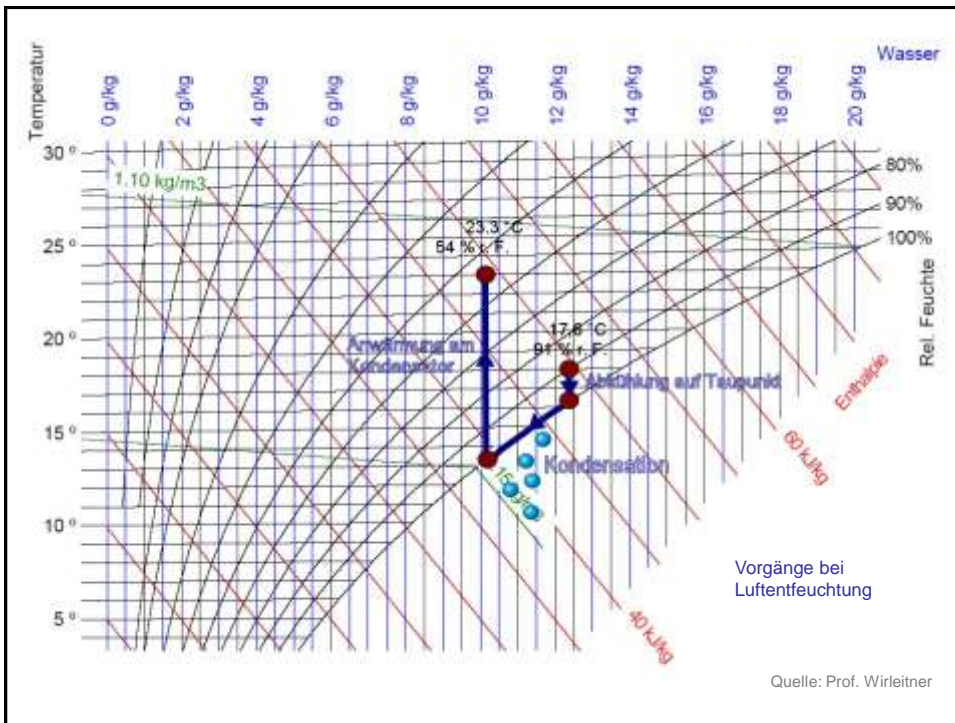


Optimierte Luftführung



Quelle: G. Wirleitner





Energieverbrauch/Kosten 2011



Entfeuchtertrocknung / Kaltbelüftung			3. Schnitt		4. Schnitt	
			Entf.	Kaltbel.	Entf.	Kaltbel.
Ausgangsdaten:	Einheit					
Einfuhr FM	kg	18.255	13.345	13.525	4.380	
TM	%	54%	67,2%	68,7%	71,9%	
TM i.d.Box	kg	9.858	8.965	9.292	3.149	
Heugewicht i.d.Box	kg	11.139	10.305	10.500	3.620	
Wasser abzutrockenen	kg	6.924	3.040	2.845	760	
Energieverbrauch:						
pro Tonne TM	kWh	289	64	191	186	
pro Tonne Heu	kWh	256	56	169	162	
spez.Energiebed. /kg Wasser	W	411	189	623	771	
Energiekosten (18 C/kWh):	18					
pro kg TM	Cent	5,2	1,2	3,4	3,3	
pro kg Heu	Cent	4,6	1,0	3,0	2,9	

3. und 4. Schnitt 2011
Heuprojekt HBLFA Raumberg-Gumpenstein

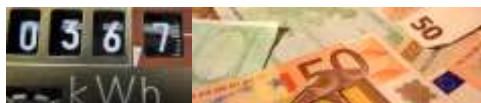


Energieverbrauch/Kosten 2012



Schnitt			1. Schnitt			2. Schnitt		3. Schnitt	
			Entf.	Kaltbel.	Praxis	Entf.	Kaltbel.	Entf.	Kaltbel.
Ausgangsdaten:	Einheit								
Einfuhr FM	kg	13.230	4.145	38.830	18.805	9.850	14.120	6.080	
TM	%	56,6%	66,1%	60,2%	62,4%	75,9%	65,2%	72,8%	
TM i.d.Box	kg	7.491	2.739	23.358	11.727	7.475	9.208	4.427	
Heugewicht i.d.Box	kg	8.465	3.095	26.395	13.251	8.447	10.405	5.002	
Wasser abzutrockenen	kg	4.620	997	11.982	5.326	1.258	3.536	992	
Energieverbrauch:									
pro Tonne TM	kWh	87	66	146	140	25	306	111	
pro Tonne Heu	kWh	77	57	129	124	22	271	97	
spez.Energiebed. Wasser	W/kg	141	180	285	309	149	796	497	
Energiekosten	(18Cent/kWh)								
pro kg TM	Cent	1,6	1,2	2,6	2,5	0,5	5,5	2,0	
pro kg Heu	Cent	1,4	1,0	2,3	2,2	0,4	4,9	1,7	

Anmerkung: 3. Schnitt ist wegen Hochwasser im Jahr 2012 ausgefallen



Konservierungsmanagement vs. Heuqualität Ergebnisse aus LK-Heuprojekten

Reinhard Resch

HBLFA-Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft



19.04.2013

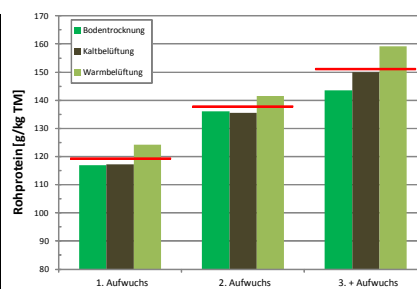
R. Resch



Rohprotein-Gehalt in Raufutter Zusammenhang mit dem Trocknungsverfahren

Inhaltsstoff	Rohprotein [g/kg TM]		
	1. Aufw.	2. Aufw.	3. Aufw. +
Anzahl Futteranalysen	460	381	157
Gehaltswert - Mittelwert	119,5	137,7	150,9
Gehaltswert - Standardabweichung	20,8	18,4	23,8
Gehaltswert - Minimum	59	72	76
Gehaltswert - unteres Quartil (25 %)	95	120	134
Gehaltswert - oberes Quartil (75 %)	119	142	162
Gehaltswert - Maximum	206	215	249
Signifikanter Umweltfaktor	P-Wert		
Bundesland	0,005	0,001	0,043
Hangneigung	0,290	0,201	0,045
Seehöhe	0,000	0,957	0,389
Rohasche	0,002	0,057	0,639
Signifikanter Managementfaktor	P-Wert		
Wirtschaftsweise	0,005	0,000	0,007
Mähgerät	0,047	0,809	0,971
Trocknungsverfahren	0,001	0,014	0,008
Erntedatum	0,000		

P-Wert bei 95 % Konfidenzniveau: < 0,01 hoch signifikant, < 0,05 signifikant



Mittelwert	1.	2.	3.+
Seehöhe [m]	898	856	689
Erntedatum	6.6.		
Rohasche [g]	89	108	118

R ²	46,6	32,7	40,4
RSD	6,1	5,3	9,3

19.04.2013

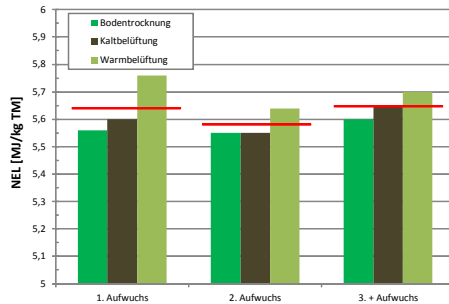
R. Resch



Nettoenergie-Gehalt in Raufutter Zusammenhang mit dem Trocknungsverfahren

Energie	Nettoenergie-Laktation [MJ/kg TM]		
	1. Aufw.	2. Aufw.	3. Aufw. +
Anzahl Futteranalysen	459	381	157
Gehaltswert - Mittelwert	5,64	5,58	5,65
Gehaltswert - Standardabweichung	0,47	0,3	0,31
Gehaltswert - Minimum	4,31	4,62	4,73
Gehaltswert - unteres Quartil (25%)	5,37	5,33	5,49
Gehaltswert - oberes Quartil (75%)	6,02	5,72	5,87
Gehaltswert - Maximum	7,23	6,28	6,84
Signifikanter Umweltfaktor	P-Wert		
Jahr	0,000	0,250	0,555
Bundesland	0,003	0,000	0,000
Hangneigung	0,058	0,048	0,036
Seehöhe	0,005	0,000	0,000
Signifikanter Managementfaktor	P-Wert		
Wirtschaftsweise	0,000	0,161	0,166
Siloverzicht (HKT)	0,016	0,008	0,035
Mähzeitpunkt	0,652	0,720	0,030
Zetthäufigkeit	0,768	0,537	0,019
Dauer der Feldphase	0,001	0,792	0,333
Trocknungsverfahren	0,000	0,013	0,374
Erntedatum	0,000		

P-Wert bei 95 % Konfidenzniveau: < 0,01 hoch signifikant, < 0,05 signifikant



Mittelwert	1.	2.	3.+
Seehöhe [m]	898	854	689
Erntedatum	6.6.		
Rohasche [g]	89	108	118

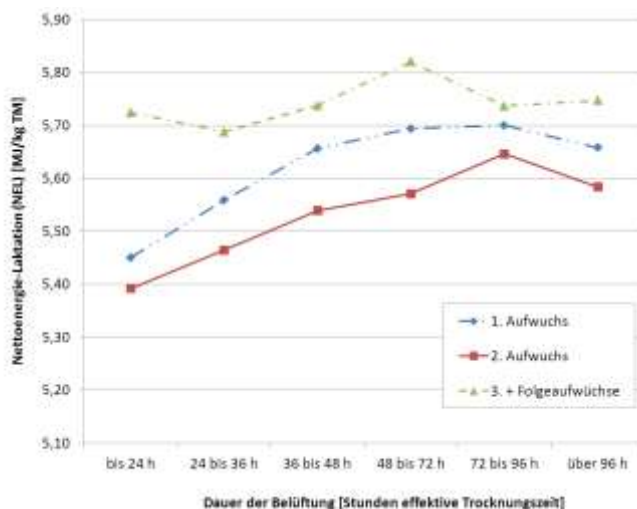
R ²	51,9	45,6	64,9
RSD	0,13	0,07	0,12

19.04.2013

R. Resch



Nettoenergie-Gehalt in Raufutter Zusammenhang mit der effektiven Belüftungsdauer

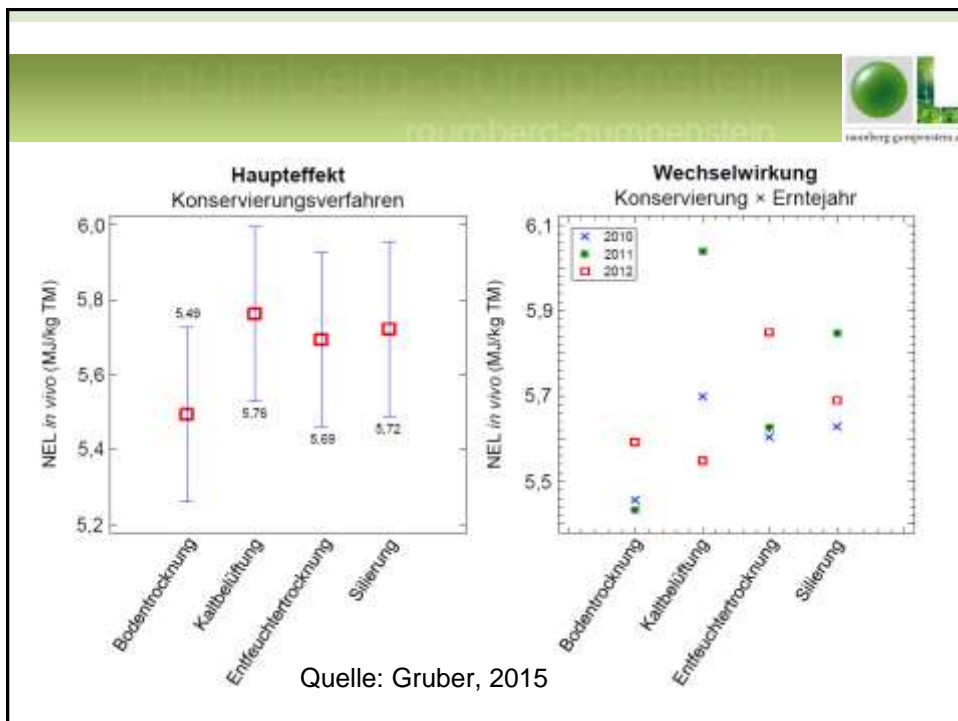
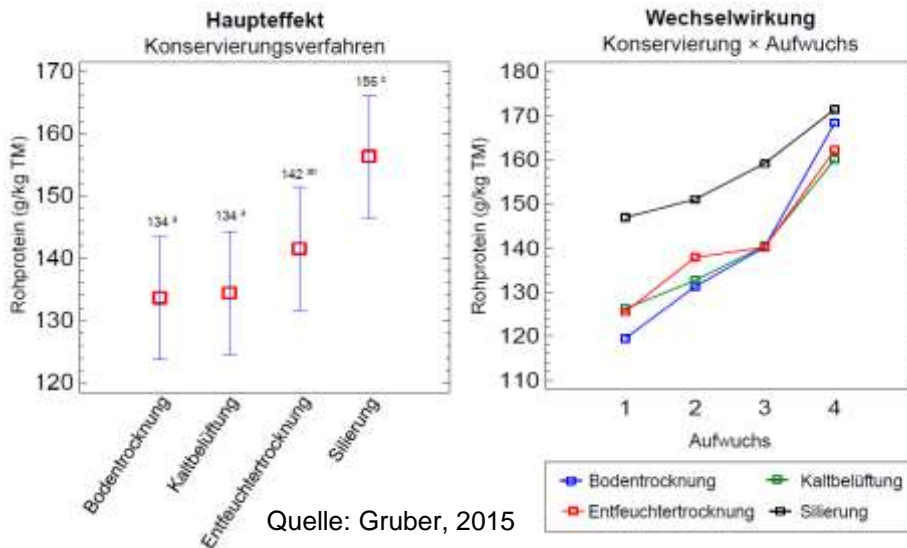


19.04.2013

R. Resch



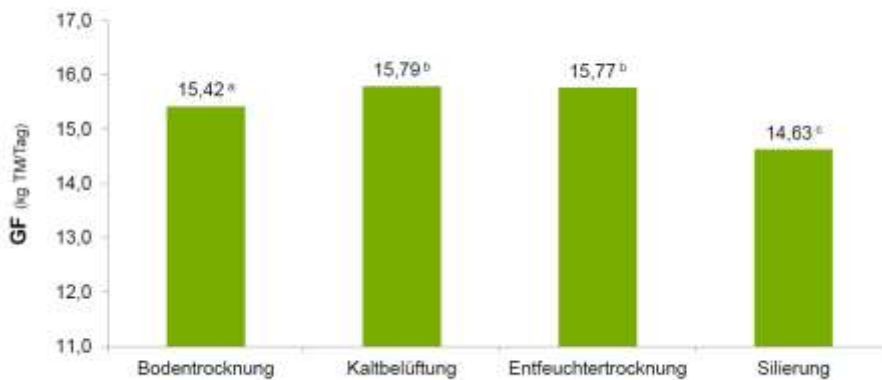
Konservierungsverfahren - RP



Grundfutteraufnahme



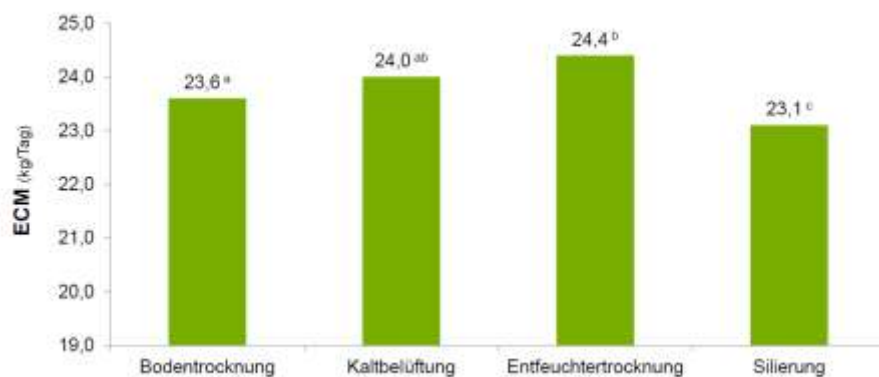
Quelle: Fasching, 2015



ECM-Milchleistung



Quelle: Fasching, 2015



Zusammenfassung



- Über die gesamte Prozesskette besteht die Möglichkeit/Notwendigkeit der Energieeinsparung (Wendevorgänge,..)
- Der Energiegehalt des Futters kann erhöht (*Vergleich Bodenheu*) bzw. erhalten werden (*Vergleich Silage, Erntegelegenheit – MJ/NEL*)
- Bröckelverluste sind Energieverluste und können reduziert werden – Maschineneinstellung/Zapfwellendrehzahl
200 bis 300 l Milch/Schnitt.ha – Vergleich Bodenheu

Zusammenfassung



- Die solare Unterdachanwärmung hat als kostenlose Energieform nach wie vor höchste Priorität – Wichtig für Wärmeinput vor der Entfeuchtertrocknung – „Aufschaukeln“!
- Heutrocknung ist teurer als Silageproduktion
Heu/Grassilage: 45/25 Cent/10 MJNEL, Stark, 2004
5 – 15 Cent Mehrkosten / kg Heu, Pöllinger, 2015
Optimale Kombination mit Weidehaltung

Zusammenfassung



- Einsparungspotenzial liegt im Transport (Silage) und in der Anzahl der Wendevorgänge (0,7 Cent/kg Heu und Zettvorgang), weiter bei der Maschinenanschaffung (Rotor LW), Verschleiß (*Lagerung* – „winterdicht“)
- Beste Möglichkeit der Hangbewirtschaftung – ca. 4,0 t/ha weniger Wassertransport – Futtervorlage!!!
- Keine Kunststoffentsorgungsproblematik

Luftentfeuchter Einsatzgrenzen



- Bei der Entfeuchtung Reserven einplanen (Schlechtwetter, zu hohe Restfeuchte)
- Es braucht gut geführte Kreisläufe – feuchte/kühle Luft ist träge – kurze Wege!
Strömungsgeschwindigkeit < 2,5 m/sec!!!
- Boxengrößen bis zu 400 m² realisierbar – hohe Schlagkraft möglich 30 – 40 ha/Tag
Vorsicht Futterverteilung?! Besser 200 m² große Einheiten – Anlagenkosten!

Luftentfeuchter Potenzial



- Der Frequenzwandler bietet in Kombination mit moderner Steuerungs- und Regeltechnik Einsparungspotenzial an Ernergiekosten
- Das Futteraufnahmevermögen und ECM-Milchleistung ist bei gutem Heu deutlich höher als bei Silage –
www.raumberg-gumpenstein.at



**Herzlichen Dank für's
Zualos'n**



Lüfterauswahl - Details



Luft-Volumenstrom 0,07 bis 0,11 m³/s und m² belüfteter Fläche

(bei voller Stockhöhe:
mind. 0,07 m³/s und m²,
bei halber Höhe 0,11 m³/s und m²)

Gesamtdruck 100 bis 240 Pa/m Stockhöhe

(z.B. bei gräser-/kräuterreichem Trockengut 125 Pa/m,
bei ausgewogenem Trockengut 135 Pa/m,
bei kleereichem Trockengut 160 Pa/m)

+ 75 bis 120 Pa für Dachabsaugung
+ 50 bis 110 Pa für Wärmetauscher/Entfeuchter
insgesamt typisch 1.300 bis 1.900 Pa maximaler Druck

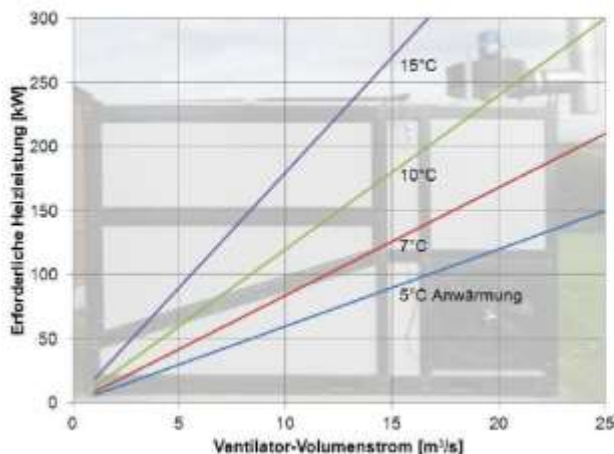


Quelle: G. Wirleitner

Luftanwärmung – Energie!!!



Quelle: G. Wirleitner



Faustzahl:
je 10 m³/s
benötigt man für
1°C Anwärmung
12,5 kW.

Warmluft mischt sich
schlecht mit
Umgebungsluft –
daher Einspeisung in
Lüfterkammer bzw.
Ventilator beachten!

Energiebedarf - Varianten



Quelle: G. Wirleitner

Verfahren	spezifischer Energiebedarf [kWh/kg Wasser]	Energiebedarf (63% auf 87% TM) [kWh/t Heu]
Kaltbelüftung	0,25	90 (65 bis 115)
Kaltbelüftung + Solarkollektor	0,18	65 (40 bis 90)
Kaltbelüftung + Entfeuchter	0,32	110 (70 bis 130)
Solarkollektor + Entfeuchter	0,24	85 (60 bis 120)
Kaltbelüftung + Ölofen (40 % Einschaltzeit)	0,90	23 l Öl + 75 kWh
Kaltbelüftung + Hackgutofen (50 % Einschaltzeit)	0,92	255 (200 bis 310)

(23 l Heizöl = 0,17 t Holz = 0,3 t Hackgut)

Luftentfeuchter - Details



Quelle: G. Wirleitner

- ▶ **gute Abstimmung des Luftdurchsatzes ist sehr wichtig!**
Luftgeschwindigkeit am Verdampfer sollte unter 4 m/s liegen.
Verhältnis Kompressorleistung/Leistung des Ventilators ab 0,75 : 1 bis 2,5 : 1. Eine hohe Kompressorleistung und die Entfeuchtung der ganzen Trocknungsluft ist besonders im Umluftbetrieb bei niedrigen Außentemperaturen von Vorteil.
- ▶ bei **geringer Luftfeuchtigkeit und niedriger Temperatur** arbeiten alle Entfeuchter schlecht – ev. unterhalb 40 % rel. Feuchte abschalten!
- ▶ bei Außentemperaturen unterhalb von 20 bis 25 °C eher im Umluftbetrieb fahren.
- ▶ eventuelle Wärmetauscher stets nach dem Entfeuchter anordnen.
- ▶ Boxenboden bzw. Luftkanal gegen Wärmeverlust dämmen

Luftentfeuchter - Details



- ▶ variable Lüfterdrehzahl je nach Betriebsart und Trocknungszustand, automatische Kurzzeit-Intervallbelüftung mehrerer Boxen
- ▶ Einhaltung eines begrenzten elektrischen Anschlusswertes (z.B. 50 A)
- ▶ automatische Umschaltung zwischen Umluft- und Frischluftbetrieb oder Mischluftbetrieb bei Entfeuchtung
- ▶ Laufzeitsteuerung entsprechend dem Trocknungszustand, automatischer Übergang in den Intervallbetrieb

Quelle: G. Wirleitner

