

# Heutrocknung in Österreich - aktuelle Entwicklungen

*Luftentfeuchter – was sie können und wo ihre  
Einsatzgrenzen liegen*

**Alfred Pöllinger und Reinhard Resch**

Institut für artgemäße Tierhaltung und Tiergesundheit

Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft



Agricultural Research  
and Education Centre (AREC)

Lehr- und Forschungszentrum  
Landwirtschaft

[www.raumberg-gumpenstein.at](http://www.raumberg-gumpenstein.at)



Seminarreihe „Effiziente Heutrocknung bei wachsenden  
Viehbeständen“, Hohenrain, 9. März, 2015

## Inhalt

1. Heutrocknung am LFZ - Projekthintergrund
2. Anlagen (baulich, technische Umsetzung)
3. Betriebsabläufe, Störfälle, Besonderheiten
4. Österreichweite Untersuchungen - Resch
5. Ergebnisse – Ablauf, Energieverbrauch
6. Ergebnisse – Futterqualität
7. Zusammenfassung



# Projekthintergrund



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

## Projektfragestellung



Vergleich unterschiedlicher  
Konservierungsverfahren von Wiesenfutter

- Entfeuchter-Trocknung
- Kaltbelüftung
- Bodenheu
- Silage



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



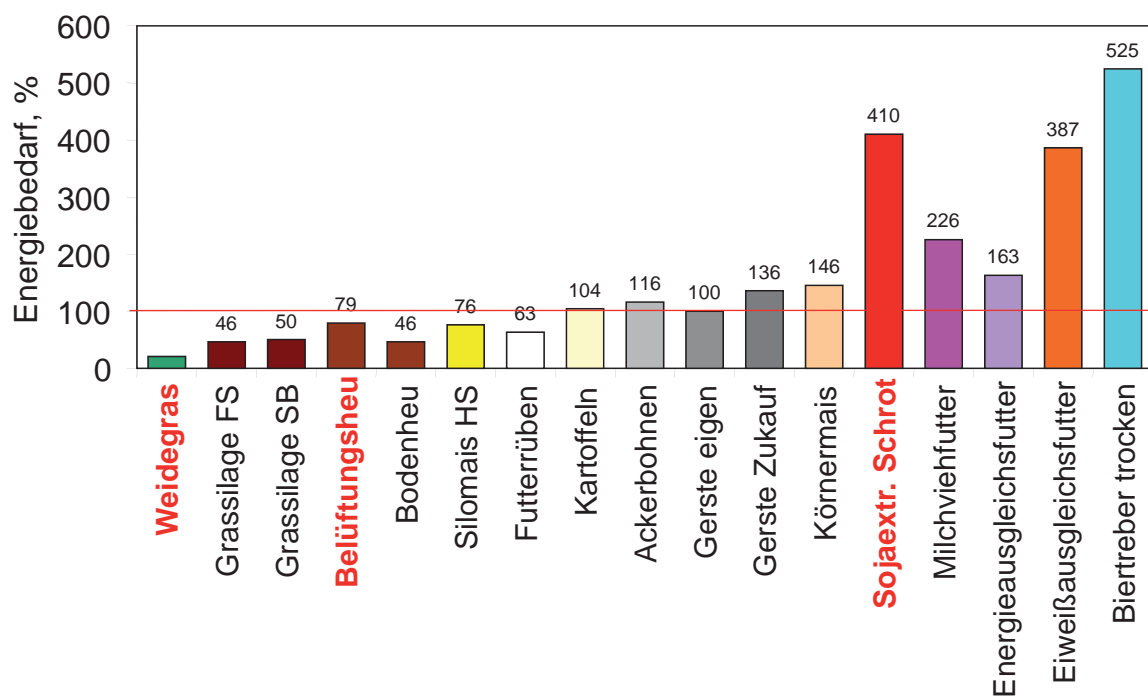
# So soll das Futter aussehen!

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



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

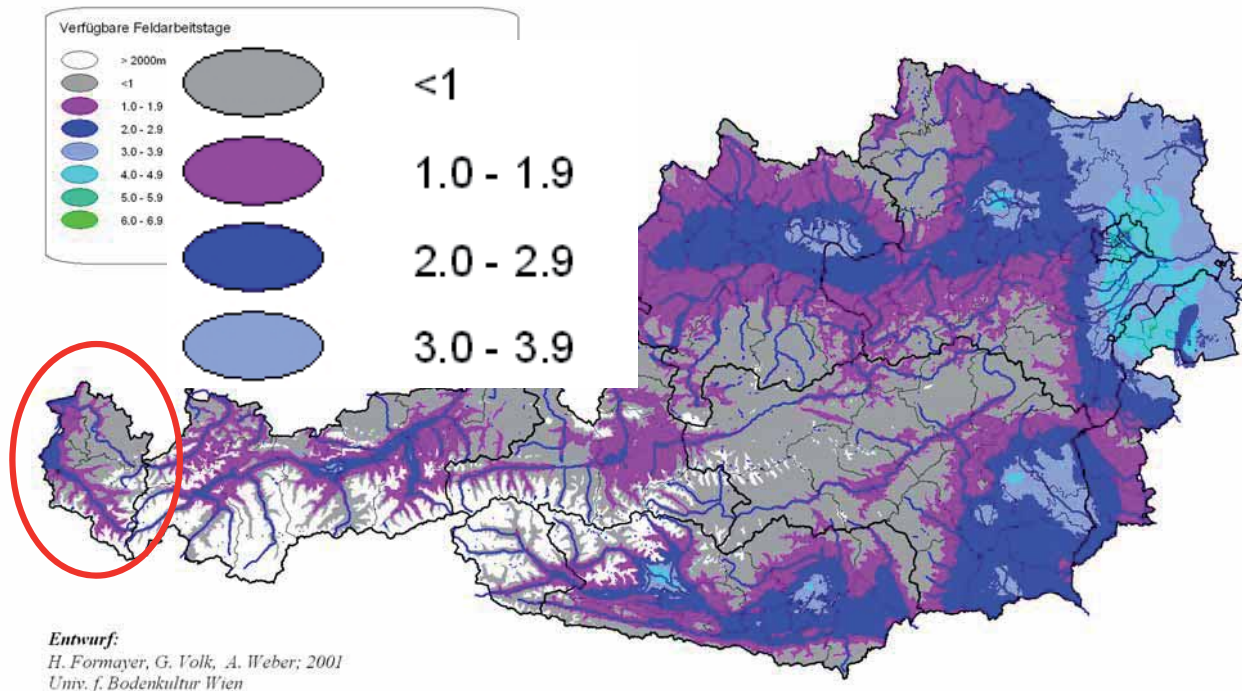
## Energiebedarf rel. zu Gerste



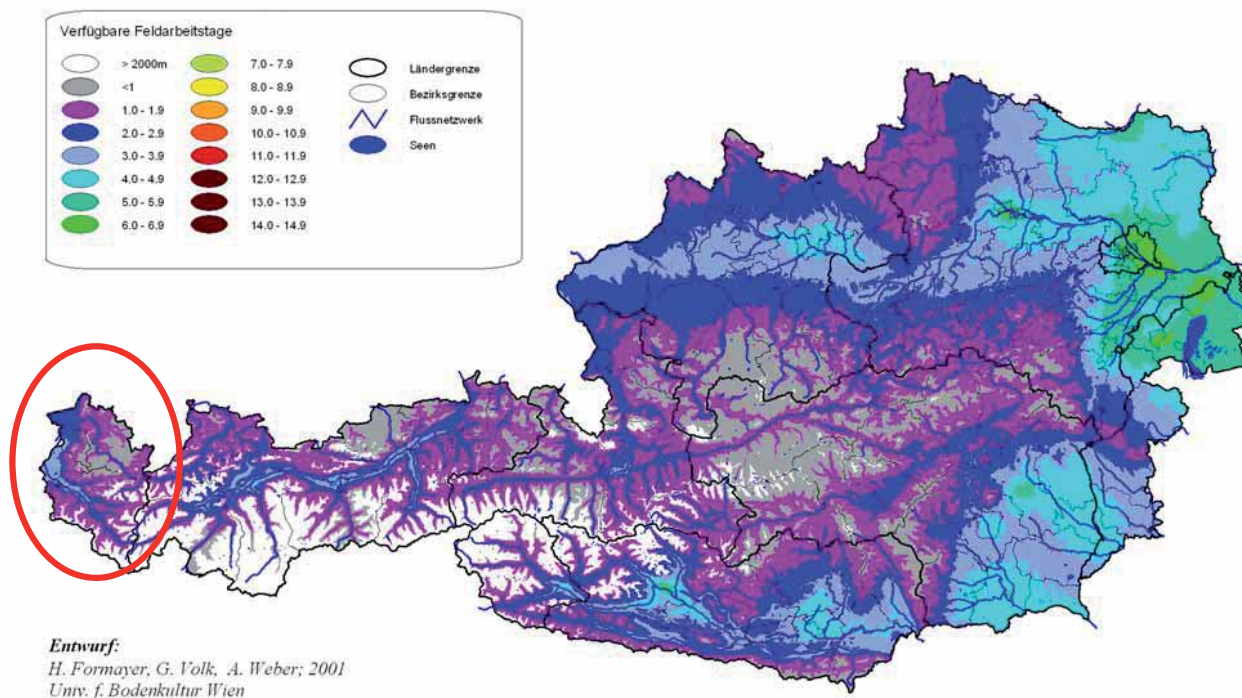
Energieaufwand für die Bereitstellung von Futterenergie (in MJ NEL) relativ zu Gerste (nach Zimmermann 2006)



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



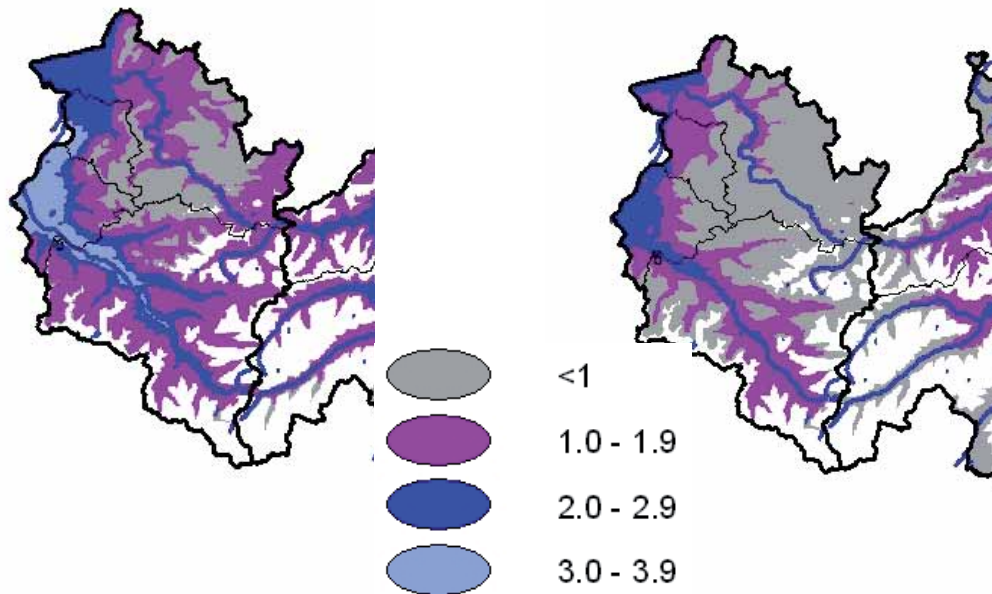
## Verfügbare Erntegelegenheiten (80%) für die 1. Junihälfte **Belüftungsheu** (30 dt TM/ha), 1. Schnitt



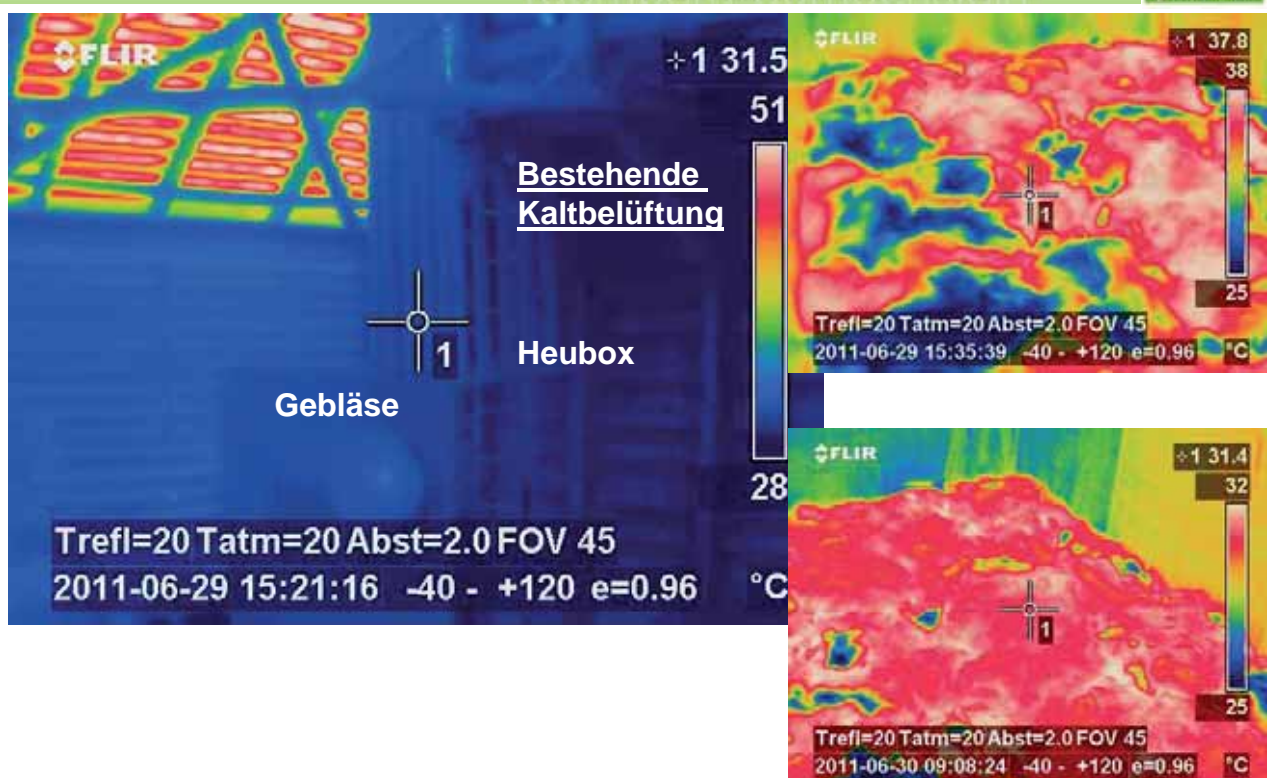
# Erntegelegenheiten!

MIT künstlicher  
Heutrocknung

Bei Bodentrocknung



# Nutzung der Sonnenenergie!?





# Heutrocknungsanlage NEU!

lfz  
raumberg  
gumpenstein

**Grundfläche: 96 m<sup>2</sup>**  
**Rosthöhe 60 cm (Unterkante)**  
**Aufleger: 50x150**  
**Rundhölzer Abstand 60 cm**  
**Baustahlgitter CQS 100**  
**Seitliche Abdeckung 60 cm**

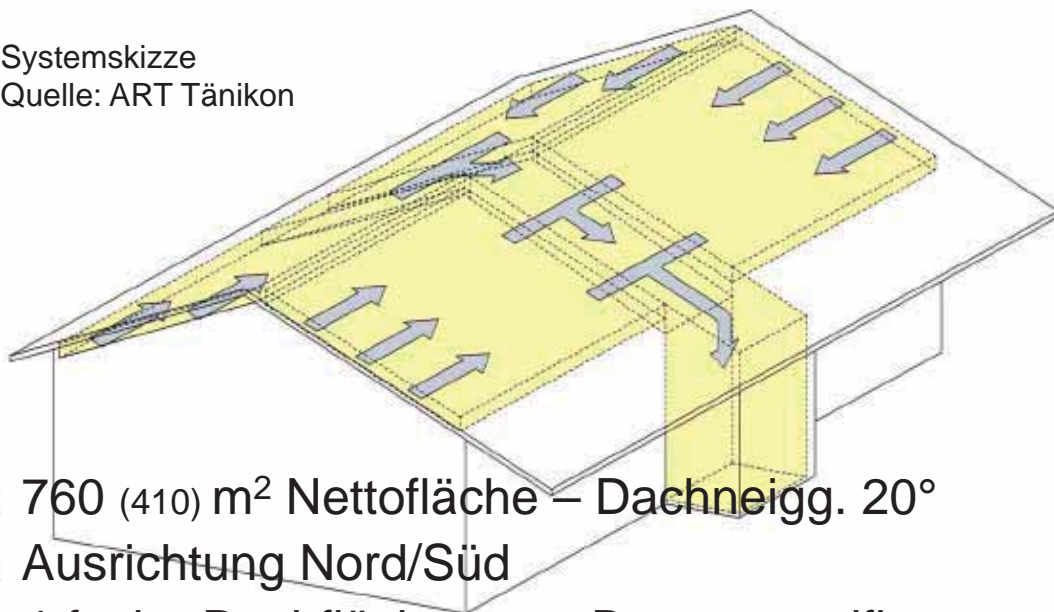
**Einblasrichtung**



## Sonnenkollektor am LFZ

lfz  
raumberg  
gumpenstein

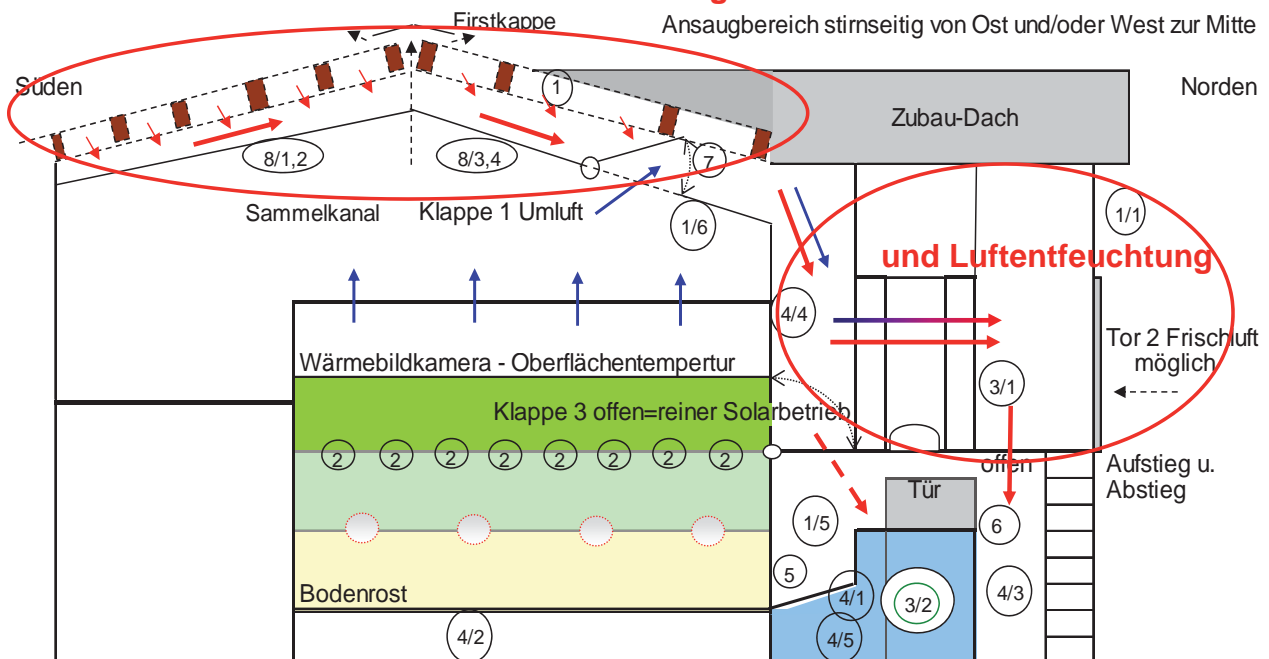
Systemskizze  
Quelle: ART Tänikon



- 760 (410) m<sup>2</sup> Nettofläche – Dachneigg. 20°
- Ausrichtung Nord/Süd
- 4-fache Dachfläche – zur Boxengrundfl.
- Bei 200 W/m<sup>2</sup> (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

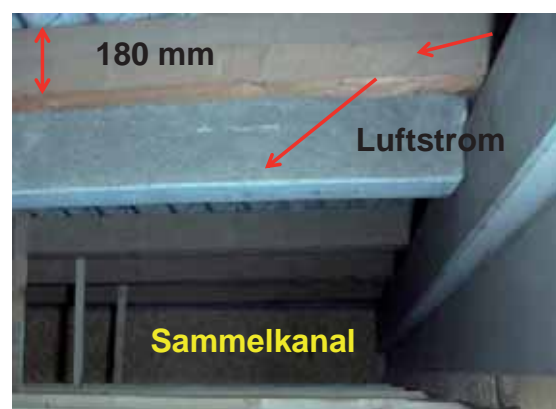
# Zubau Lüfterkammer 2009/10

- außenliegende Lüfterkammer



# Sonnenkollektor

- 760 (410) m<sup>2</sup> Nettofläche – Dachneigg. 20°
- Ausrichtung Nord/Süd
- 4-fache Dachfläche – zur Boxengrundfl.
- Bei 200 W/m<sup>2</sup> (nordseitig reduz.) – 130 (71) kW





# Klappensteuerung



# Materialaufwand

- 1.250 m<sup>2</sup> OSB Platten, 15 mm a € 4,30
  - 760 m<sup>2</sup> Kollektorfläche (Rückwand)
  - ca. 500 m<sup>2</sup> Verschalung im Heubergerraum und Lüfterkammer innen
- Bauholz: 6,8 m<sup>3</sup> Kantholz entspricht 18 fm
  - Außenschalung: 165 m<sup>2</sup>
  - Rundhölzer für Rost



# Ventilator – SR 1000

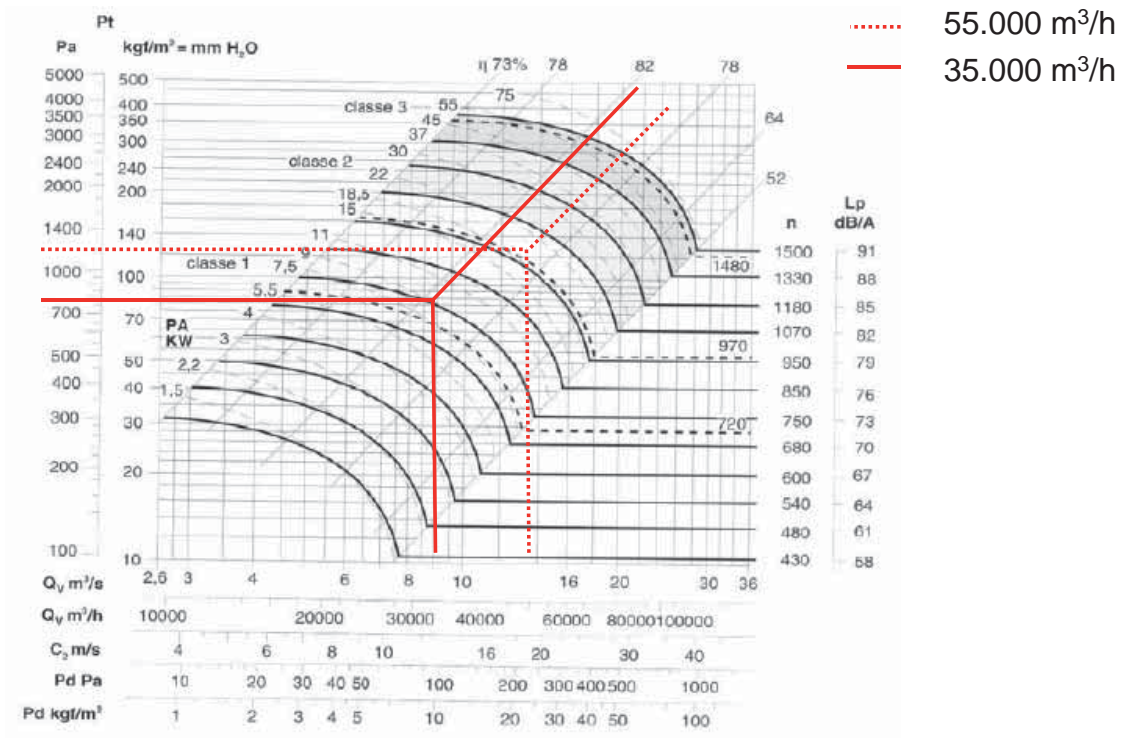
Ventilator	
Type	SR 1000 / 22 / 6 / RD 270
Baujahr	2011
Luftfördermenge	55000 m <sup>3</sup> /h
PA <sub>st</sub>	603
Antriebsmotor	
Nennleistung PA	22 kW
Nennstrom I <sub>n</sub> , 400 V	44,5 A
V/Hz	400 V / 50 Hz
cos φ	0,83
Nennndrehzahl	980 U/min



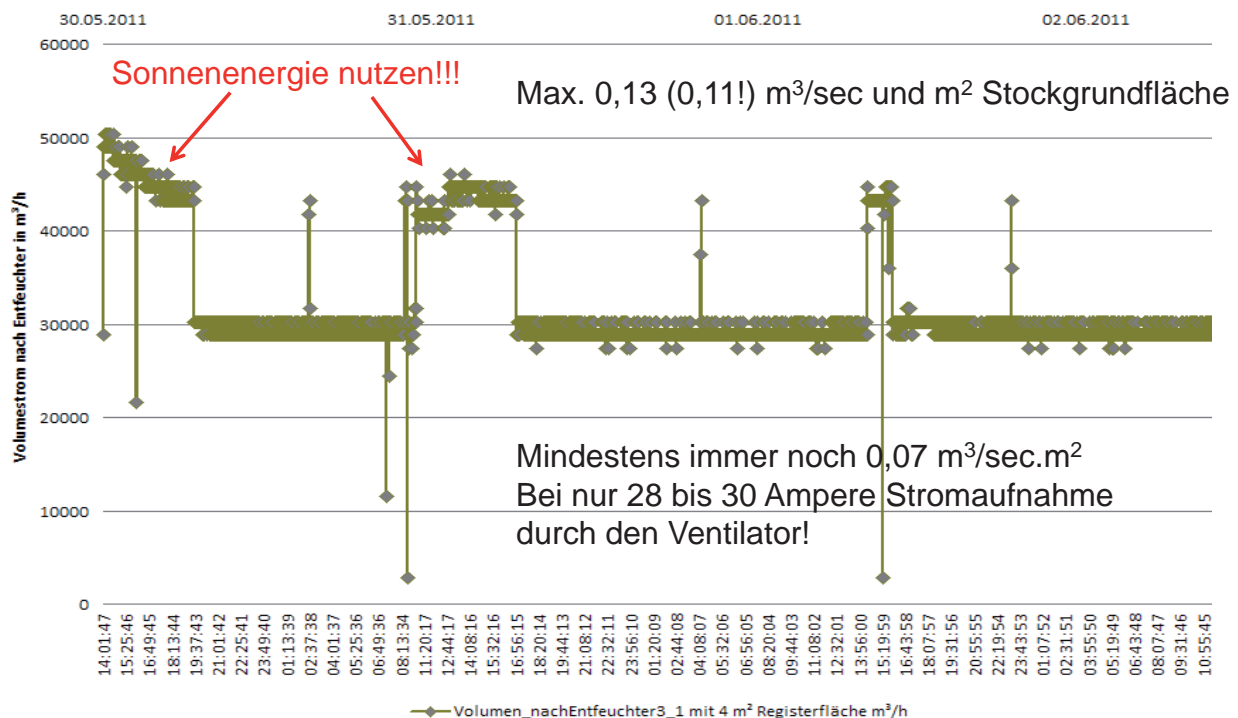
# Heutrocknung - Einblaskanal



# Ventilator - Kennlinien



## Volumenstrom wichtig!– 1/2011





# Entfeuchter WP - Daten

## Luftentfeuchter-Wärmepumpe

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



## Entfeuchtertrocknung



Kühle, feuchte Luft oder  
über den Kollektor warme Luft

Kondensator

16 kW Kompressor



Verdampfer

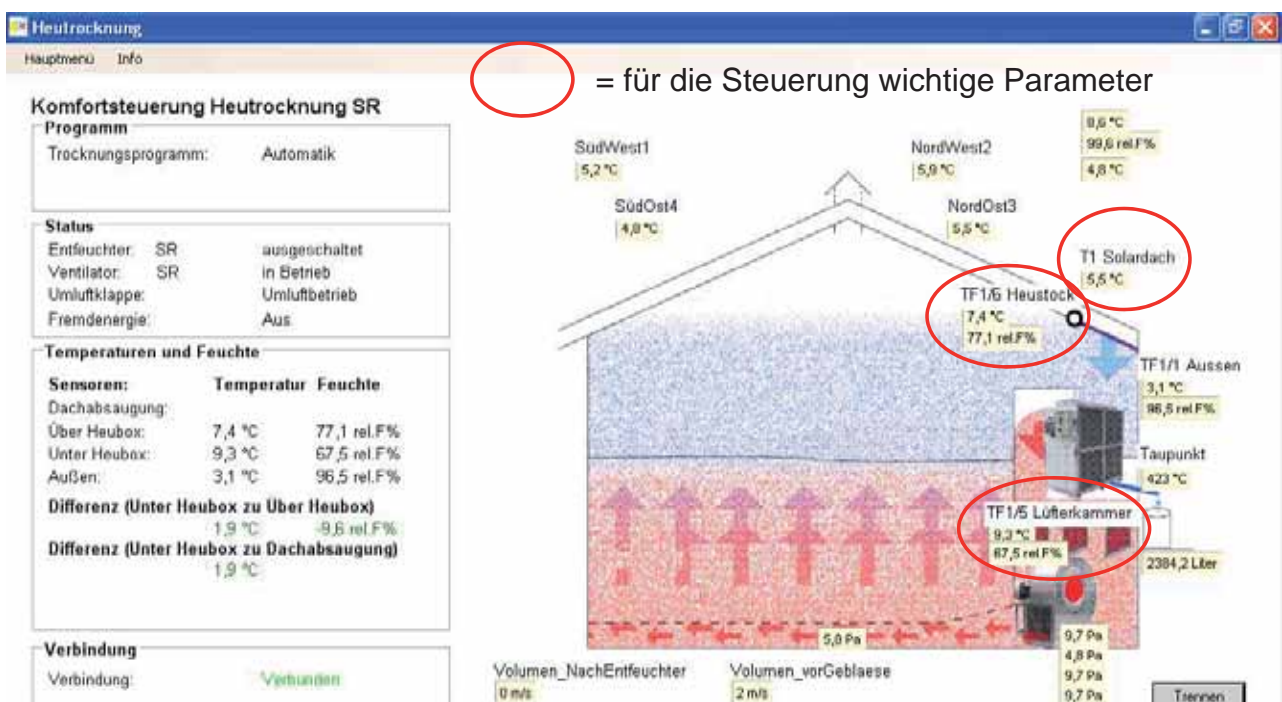
# Mess- u. Regeltechnik

- 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



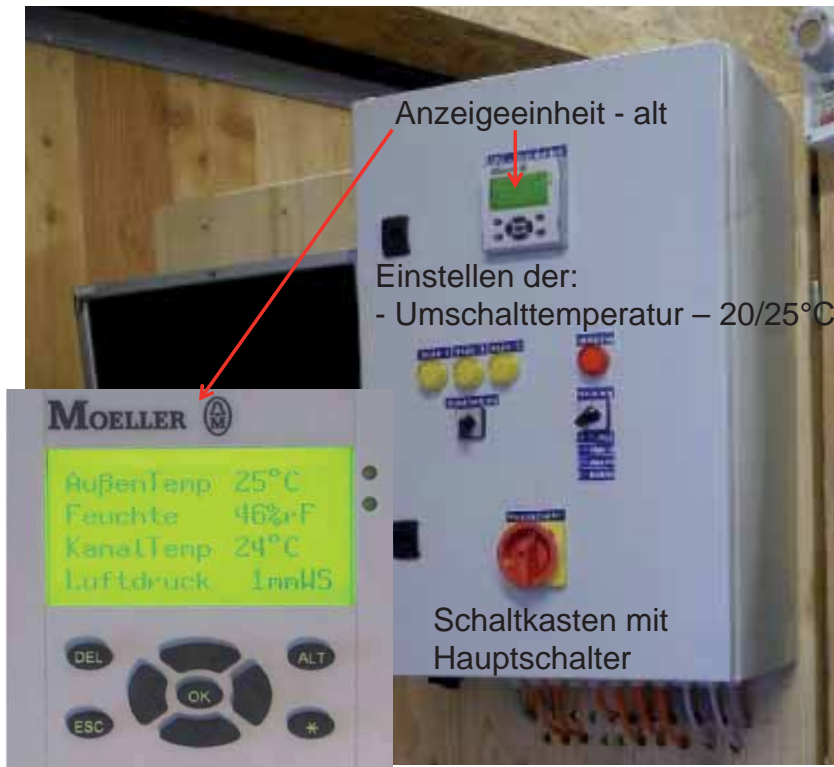
## Steuerung + Datenerfassung! alt

lfz  
raumberg  
gumpenstein



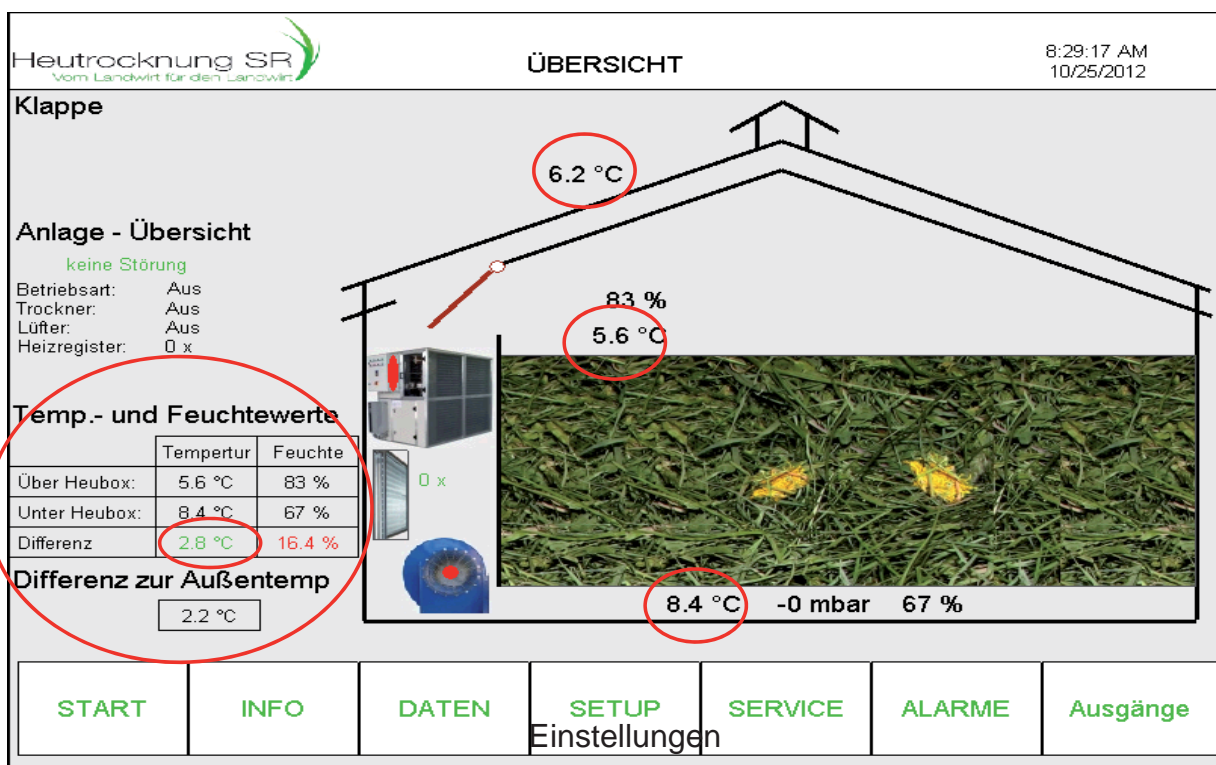
# Steuerung – automatisch/händisch

lfz  
raumberg  
gumpenstein



# Steuerung – NEU!

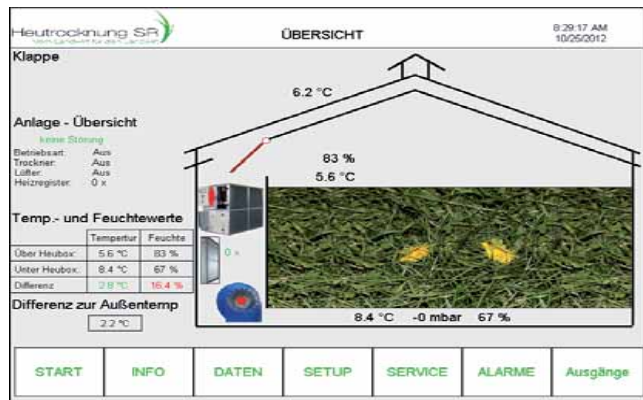
lfz  
raumberg  
gumpenstein





# Steuerung – NEU!

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



## Feldarbeitsabläufe: Mähen mit Mähaufbereiter:

- ca. 10 kW höherer Leistungsbedarf (3 m AB) + 15 bis 20 kWh/Boxenfüllung
- ca. 2-4 Stunden kürzere Trocknungsdauer in der Heubox – 60 – 120 kWh
- Ergibt 45 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“
- Schwaden – Mittelschwader – optimale Abstimmung!
- Ladewagen– mit Schneidwerk – 4 Messer
- Bröckelverlustbestimmung 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 / 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  $80 \text{ kg/m}^3$  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  $50 \text{ kg/m}^2$  entsprechend 2 Sack Zement je  $\text{m}^2$ !

„Wasserdeckel“

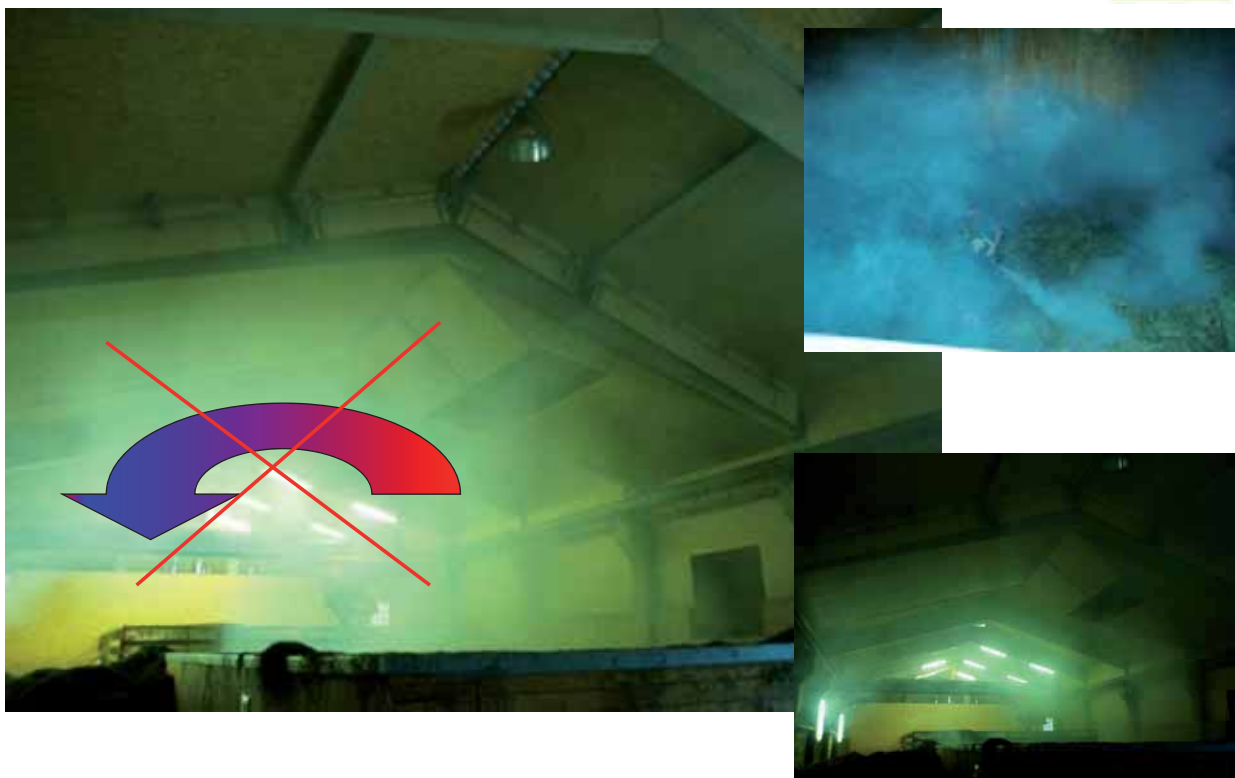




# Gleichmäßige Einlagerung



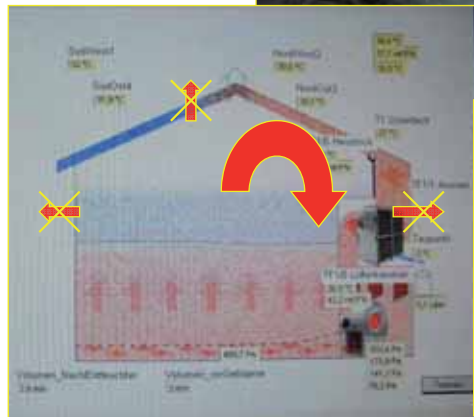
# Warum Boxenerhöhung?



# Wärmekreislauf „aufschaukeln“

lfz  
raumberg  
gumpenstein

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



## Optimierte Luftführung

lfz  
raumberg  
gumpenstein

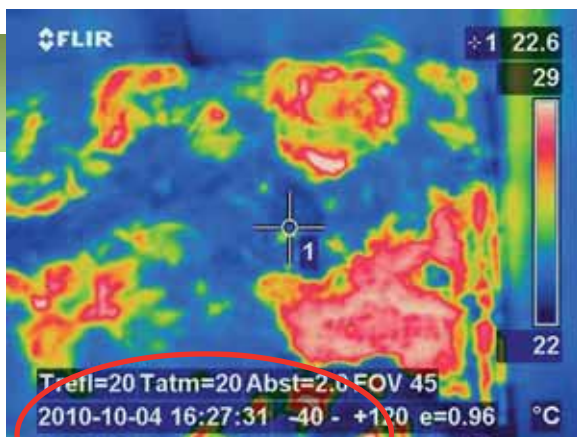
Quelle: G. Wirleitner



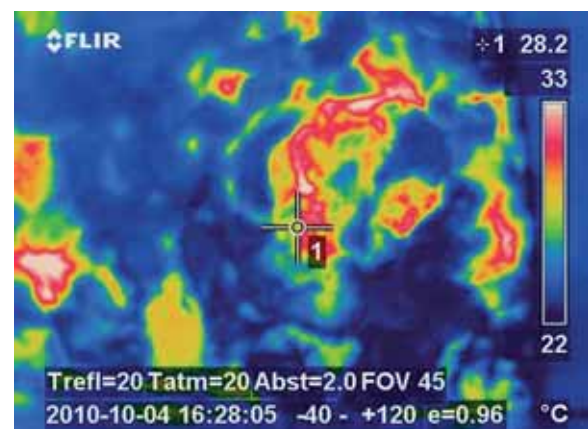
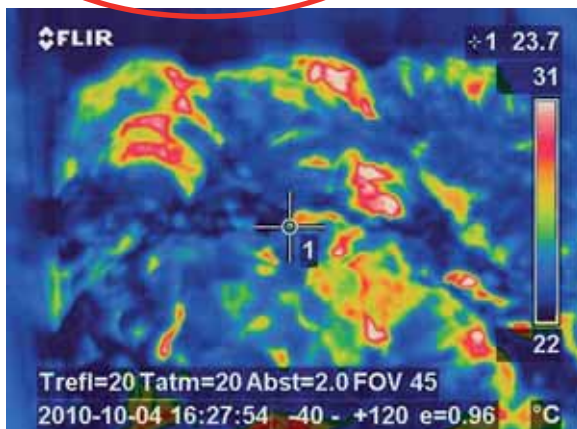
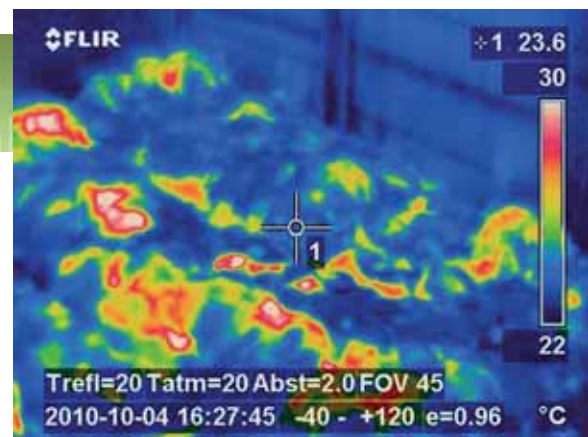
# Optimale Futterverteilung!!!

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

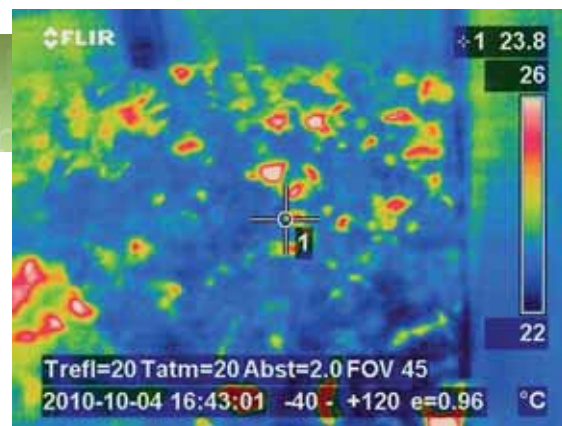
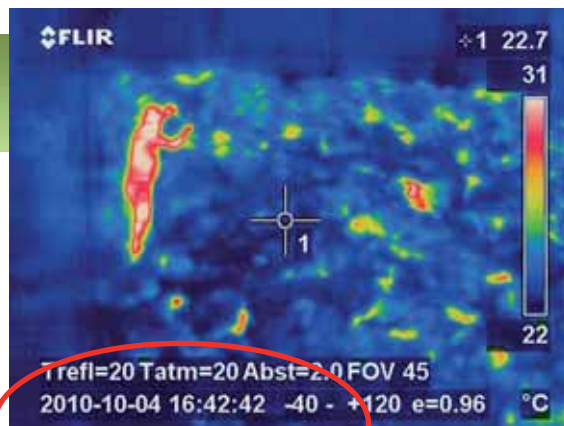
## Beispiel 4. Schnitt 2010 4. – 10. Oktober



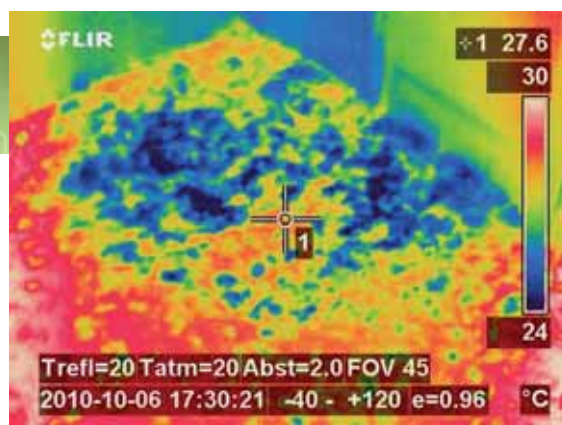
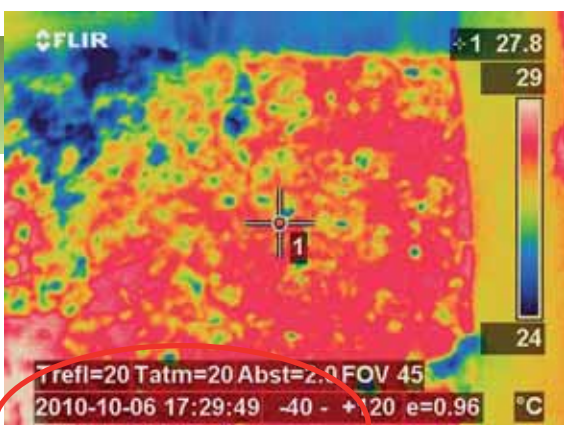
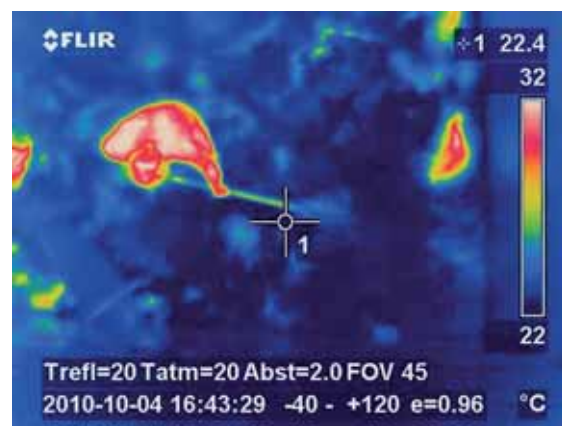
Montag – 16:30 Uhr – nach der Einlagerung - < 1,0 m Schütthöhe!?



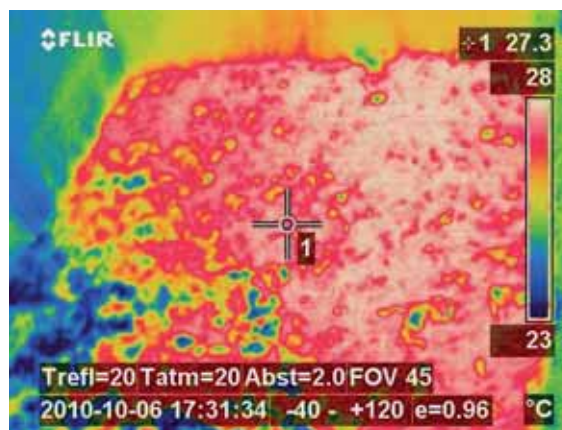
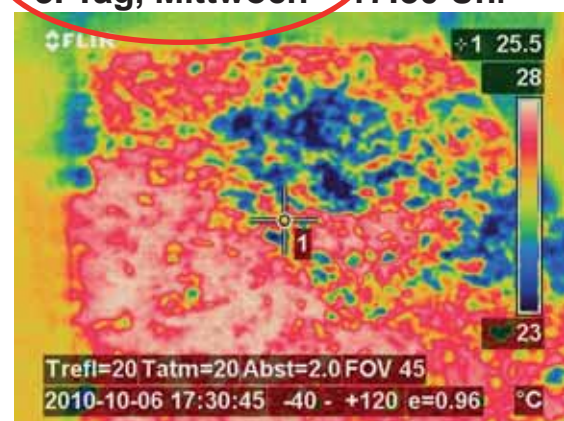




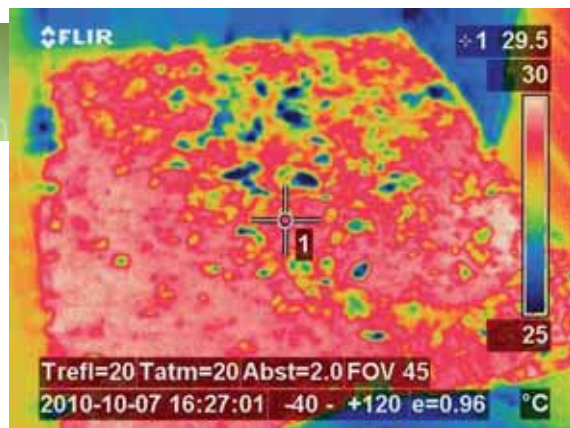
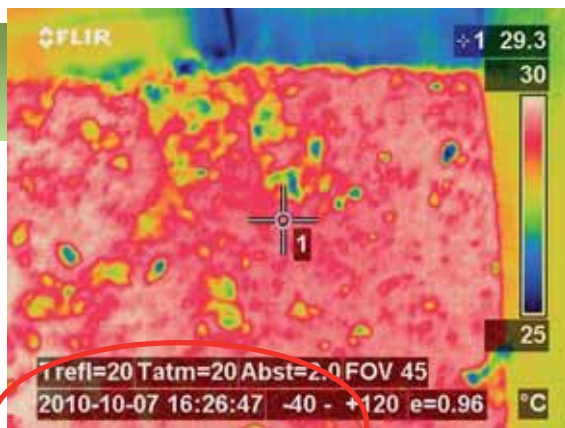
Montag – 16:45 Uhr – nach der Einlagerung und Handverteilung



3. Tag, Mittwoch – 17:30 Uhr

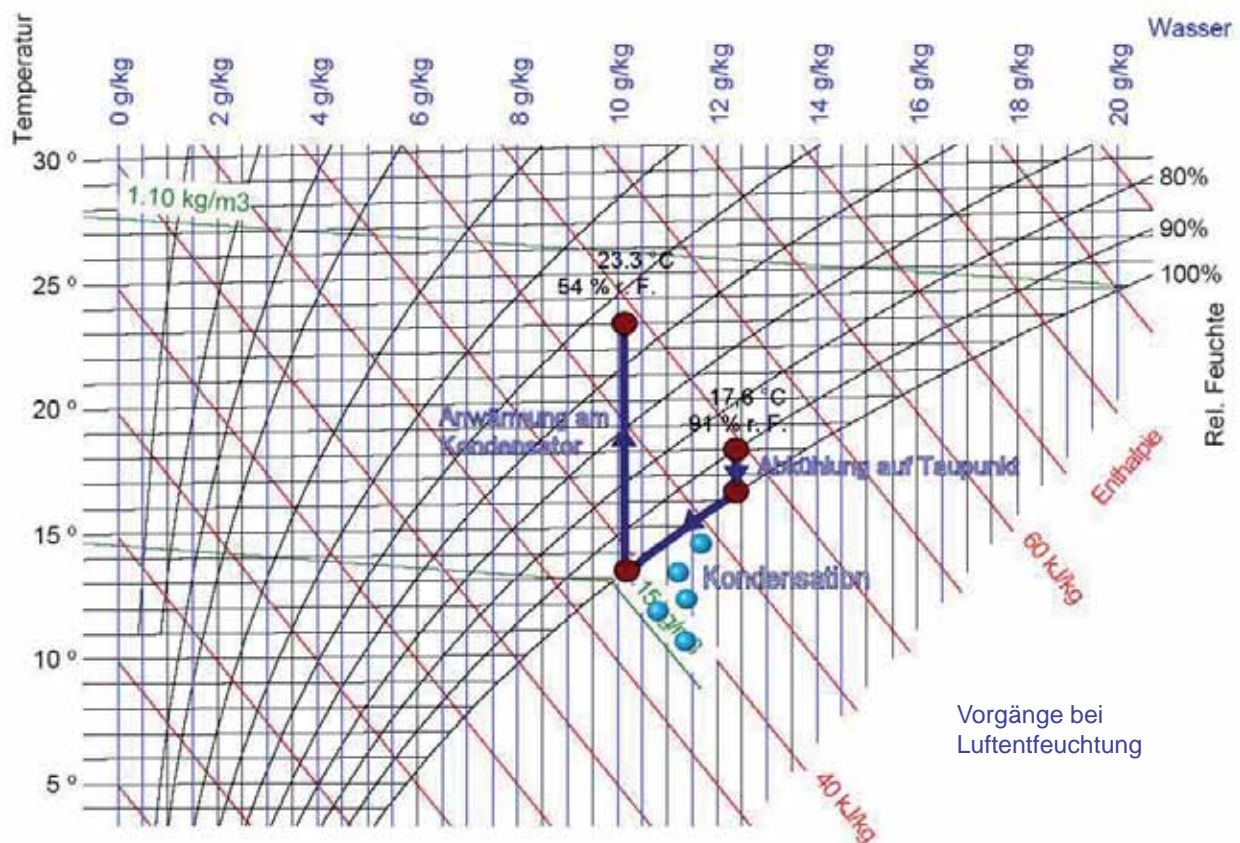
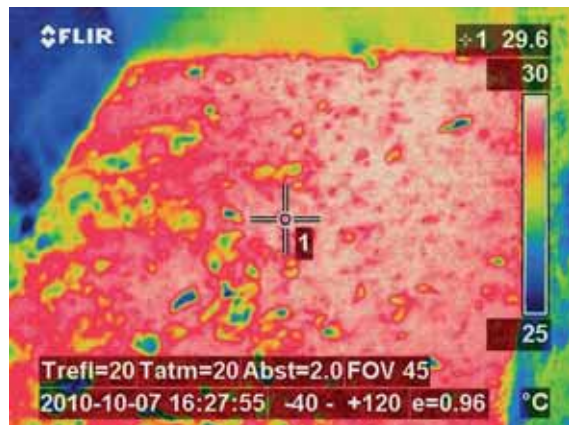






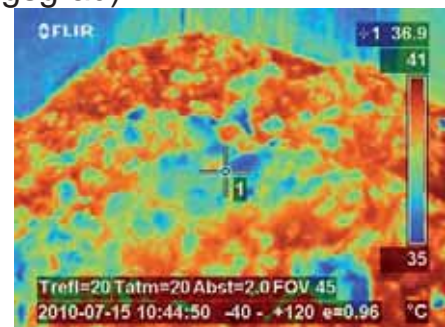
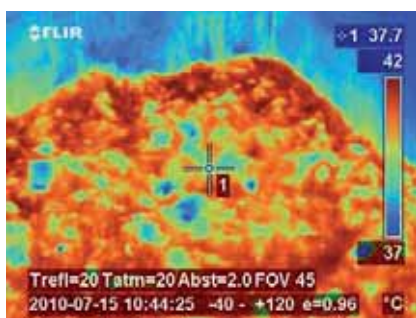
#### 4. Tag, Donnerstag – 17:30 Uhr

Trocken nach nochmaliger Feuchtstellenbereinigung unter schwierigen Bedingungen  
geringe Schütthöhe 0,75 – 1,0 m,  
rel. geringe TM – rd. 55 %  
(45 % Wassergehalt!)



# Solare Luftanwärmung!!!

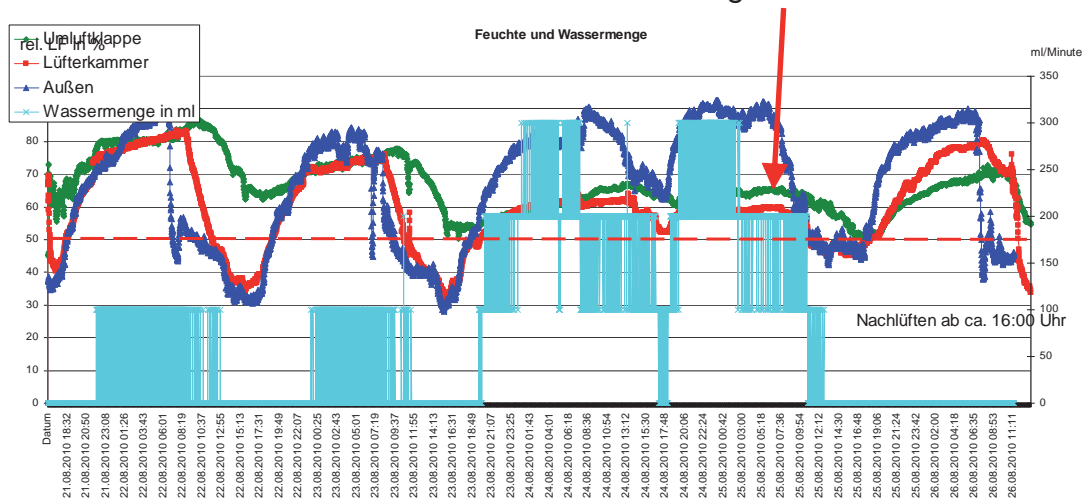
- Hohe Effizienz der solaren Luftanwärmung
- Temperaturerhöhung bis 15° C
- Trocknungsluft – weit unter 30% rel. LF
- Problem: Futter-/Luftverteilung bei geringen Schütthöhen (und Lüfterleistung bis 2011 Wirkungsgrad)



## Entfeuchterleistung – 3. Schnitt

- Entfeuchtung mit nachgefülltem Kühlmittel  
0,25 L/min

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

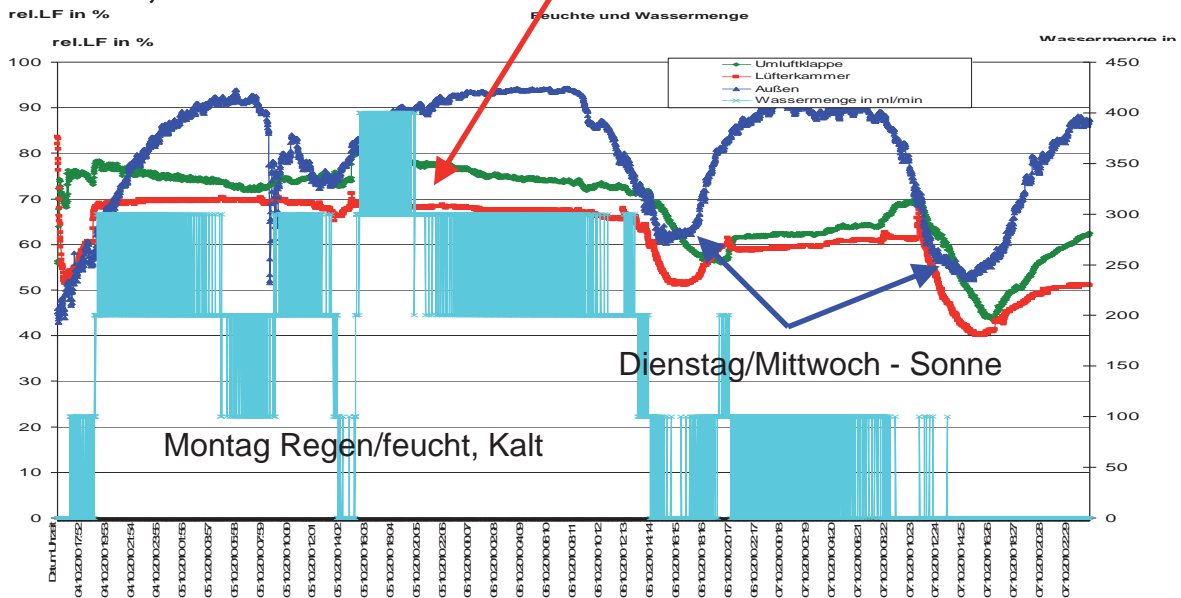




# Entfeuchterleistung – 4.Schnitt

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

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



# Entfeuchtung – 1. Schnitt 2011

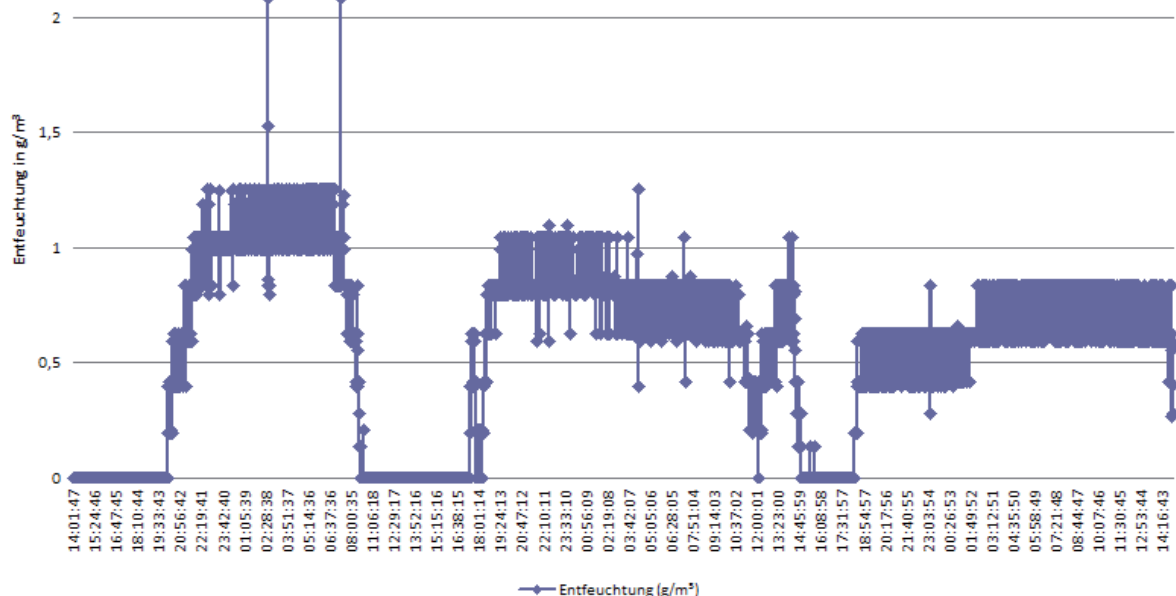
30.05.2011  
2,5

31.05.2011

01.06.2011

02.06.2011

0,5-1,0 Liter/Minute Wasserabscheidung!



# Energieverbrauch/Kosten 2011

Entfeuchtertrocknung / Kaltbelüftung			3. Schnitt		4. Schnitt	
Ausgangsdaten: Einheit			Entf.	Kaltbel.	Entf.	Kaltbel.
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 abzutrocknen	kg		6.924	3.040	2.845	760
<b>Energieverbrauch:</b>						
pro Tonne TM	kWh		<b>289</b>	<b>64</b>	<b>191</b>	<b>186</b>
pro Tonne Heu	kWh		<b>256</b>	<b>56</b>	<b>169</b>	<b>162</b>
spez.Energiebed. /kg Wasser	W		<b>411</b>	<b>189</b>	<b>623</b>	<b>771</b>
<b>Energiekosten (18 C/kWh):</b>			18			
pro kg TM	Cent		<b>5,2</b>	<b>1,2</b>	<b>3,4</b>	<b>3,3</b>
pro kg Heu	Cent		<b>4,6</b>	<b>1,0</b>	<b>3,0</b>	<b>2,9</b>

3. und 4. Schnitt 2011

Heuprojekt LFZ Raumberg-Gumpenstein



# Energieverbrauch/Kosten 2012

Schnitt		1. Schnitt			2. Schnitt		3. Schnitt	
Ausgangsdaten: Einheit		Entf.	Kaltbel.	Entf. Praxis	Entf.	Kaltbel.	Entf.	Kaltbel.
Einfuhr FM	kg	13.230	4.145	<b>38.830</b>	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 abzutrocknen	kg	4.620	997	11.982	5.326	1.258	3.536	992
<b>Energieverbrauch:</b>								
pro Tonne TM	kWh	<b>87</b>	<b>66</b>	<b>146</b>	<b>140</b>	<b>25</b>	<b>306</b>	<b>111</b>
pro Tonne Heu	kWh	<b>77</b>	<b>57</b>	<b>129</b>	<b>124</b>	<b>22</b>	<b>271</b>	<b>97</b>
spez.Energiebed. Wasser	W/kg	<b>141</b>	<b>180</b>	<b>285</b>	<b>309</b>	<b>149</b>	<b>796</b>	<b>497</b>
<b>Energiekosten (18Cent/kWh)</b>								
pro kg TM	Cent	<b>1,6</b>	<b>1,2</b>	<b>2,6</b>	<b>2,5</b>	<b>0,5</b>	<b>5,5</b>	<b>2,0</b>
pro kg Heu	Cent	<b>1,4</b>	<b>1,0</b>	<b>2,3</b>	<b>2,2</b>	<b>0,4</b>	<b>4,9</b>	<b>1,7</b>

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



# Kaltbelüftung

lfz  
raumberg  
gumpenstein

- 71 m<sup>2</sup> Stockgrundfläche
- Boxenhöhe: 3,90 m
- Rosthöhe: 45 cm
- 5,5 kW Gebläse
- 28.200 m<sup>3</sup>/h – 490 Pa  
(0,11 m<sup>3</sup>/sec.m<sup>2</sup> Stockgrundfläche)
- Südseitig Ansaugung



Weiterbildungskurs für Baufachleute  
Forschungsanstalt Agroscope ART

## Konservierungsmanagement vs. Heuqualität Ergebnisse aus LK-Heuprojekten

Reinhard Resch

LFZ-Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft



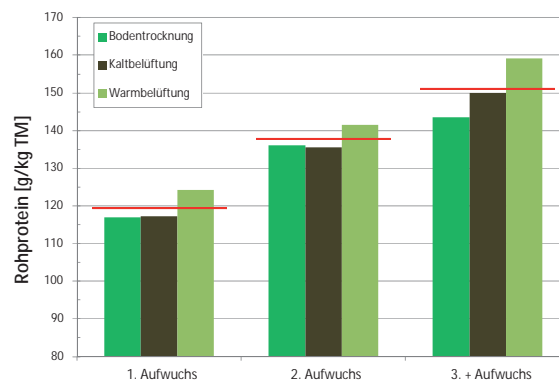


# Rohprotein-Gehalt in Raufutter

## 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
<b>Signifikanter Umweltfaktor</b>	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
<b>Signifikanter Managementfaktor</b>	P-Wert		
Wirtschaftsweise	0,005	0,000	0,007
Mähgerät	0,047	0,809	0,971
<b>Trocknungsverfahren</b>	<b>0,001</b>	<b>0,014</b>	<b>0,008</b>
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 <sup>2</sup>	46,6	32,7	40,4
RSD	6,1	5,3	9,3

19.04.2013

R. Resch

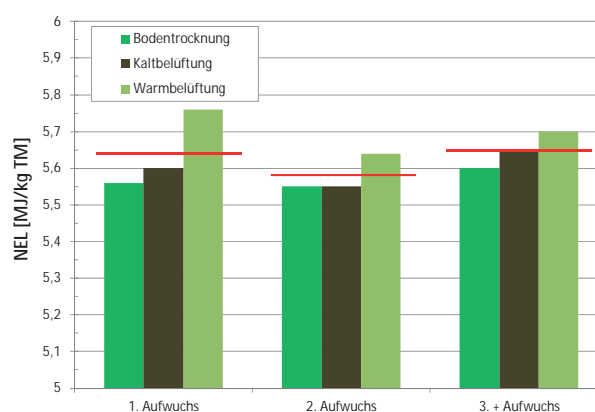


# Nettoenergie-Gehalt in Raufutter

## 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
<b>Signifikanter Umweltfaktor</b>	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
<b>Signifikanter Managementfaktor</b>	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
<b>Trocknungsverfahren</b>	<b>0,000</b>	<b>0,013</b>	<b>0,374</b>
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

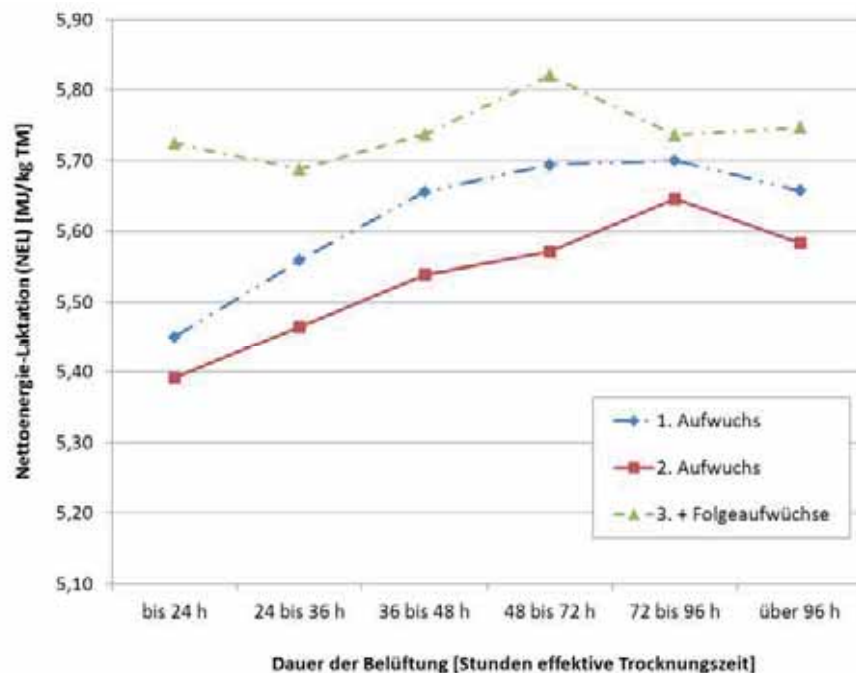
R <sup>2</sup>	51,9	45,6	64,9
RSD	0,13	0,07	0,12

19.04.2013

R. Resch



## Nettoenergie-Gehalt in Raufutter Zusammenhang mit der effektiven Belüftungsdauer



19.04.2013

R. Resch



## 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 – Maschinen-einstellung/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  $< 2,5 \text{ m/sec!!!}$
- Boxengrößen bis zu  $400 \text{ m}^2$  realisierbar – hohe Schlagkraft möglich 30 – 40 ha/Tag  
Vorsicht Futterverteilung?! Besser  $200 \text{ m}^2$  große Einheiten – Anlagenkosten!

## Luftentfeuchter Potenzial

- Der Frequenzwandler bietet in Kombination mit moderner Steuerungs- und Regeltechnik Einsparungspotenzial an Energiekosten
- Boxengrößen bis zu  $400 \text{ m}^2$  realisierbar – hohe Schlagkraft möglich 30 – 40 ha/Tag
- Das Futteraufnahmevermögen ist bei gutem Heu deutlich höher als bei Silage –  
Viehwirtschaftliche Tagung am 22./23. März





# Lüfterauswahl - Details

**Luft-Volumenstrom 0,07 bis 0,11 m<sup>3</sup>/s und m<sup>2</sup> belüfteter Fläche**

(bei voller Stockhöhe:  
**mind. 0,07 m<sup>3</sup>/s und m<sup>2</sup>,**  
bei halber Höhe 0,11 m<sup>3</sup>/s und m<sup>2</sup> )

**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

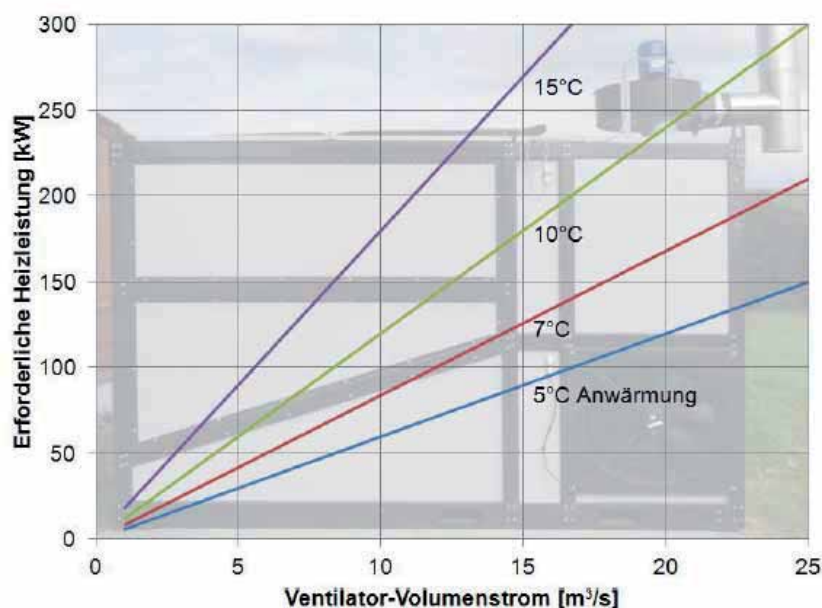
+ 50 bis 110 Pa für Wärmetauscher/Entfeuchter  
insgesamt typisch 1.300 bis 1.900 Pa maximaler Druck



Quelle: G. Wirleitner

# Luftanwärmung – Energie!!!

Quelle: G. Wirleitner



Faustzahl:  
je 10 m<sup>3</sup>/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 rm Holz = 0,3 srm 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

