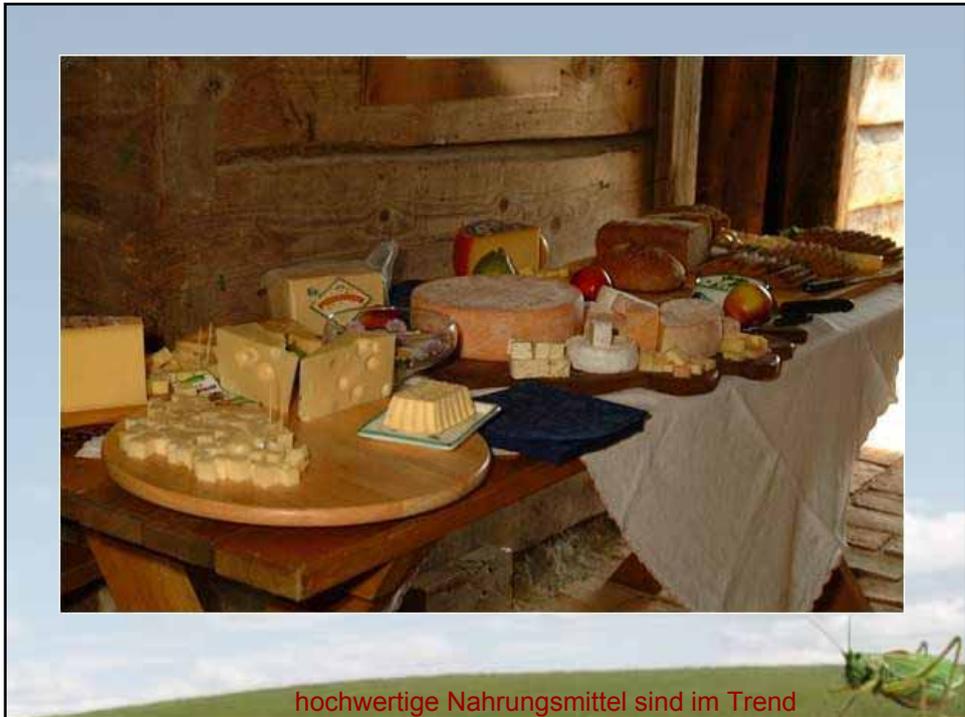






Heuwerbung gestern –  
energieeffizient, aber nicht schlagkräftig



hochwertige Nahrungsmittel sind im Trend

**Heumilchwerbung zur besten Milchkampagne der Welt gekürt - Qualität und Regionalität der Heumilch-Produkte als Erfolgsrezept**



Foto: International Dairy Federation

Auckland / Wien (11. November 2010) – Die Werbe- und Marketingkampagne der ARGE Heumilch „*Heumilch – die reinste Milch*“ wurde heute Nacht von der International Dairy Federation (IDF) mit dem Preis für die weltweit beste Milchwerbekampagne des Jahres 2010 ausgezeichnet. Verliehen wurde der Preis beim World Dairy Summit in Auckland, Neuseeland.

- Produktqualität
- Ernteschlagkraft
- geringer Energiebedarf

Schlagworte für die Zukunft

- ▶ Anlagen mit größerer Schlagkraft – größere belüftete Fläche, druckstabile Lüfter
- ▶ dichte Belüftungsboxen mit großer Rosthöhe und gutem Druckausgleich, kurze Kanäle
- ▶ Solarwärmenutzung durch Dachabsaugung, eventuell mit Fotovoltaik kombiniert
- ▶ Ersatz von ölbefeuerten Warmluftöfen durch Luftentfeuchter oder Biomasseöfen
- ▶ Luftentfeuchter mit variabler Drehzahl und umschaltbaren Wärmetauschern
- ▶ leistungsfähigere Steuergeräte

Trends bei der Heutrocknung

- ▶ variable Lüfterdrehzahl, automatischer Intervallbetrieb
- ▶ Einhaltung eines begrenzten elektrischen Anschlusswertes (z.B. 50 A)
- ▶ automatische Umschaltung von Umluft/Frischluftbetrieb bei Entfeuchtung
- ▶ variables Verhältnis von Entfeuchterleistung zur Lüfterleistung
- ▶ Lüfterlaufzeitsteuerung entsprechend dem Trocknungszustand

Neuerungen bei Steuergeräten

- Handbedienung über Ein/Aus-Schalter
- Handbedienung Lüfter über Frequenzwandler
- Lüftersteuerung Ein/Aus über Intervallschalter/Heutemperatur
- Entfeuchtersteuerung Ein/Aus über Hygrostat
- Entfeuchtersteuerung mit Frequenzwandler über Kältemitteldruck
- Steuerung der Stromaufnahme von Lüfter und Entfeuchter unter Berücksichtigung des Anschlusswerts
- Steuerung der Umluftklappe nach Lufttemperatur/ Luftfeuchtigkeit
- Steuerung Lüfter, Entfeuchter und Umluftklappe (ev. Heizung) unter Berücksichtigung von Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Trocknungsgrad, Anschlusswert, Kältemitteldruck bei einstellbarer Intervall-Nachtröcknung.



**Automatisierung**



**Für eine hohe Heuqualität ist ein guter Grünlandbestand Voraussetzung!**

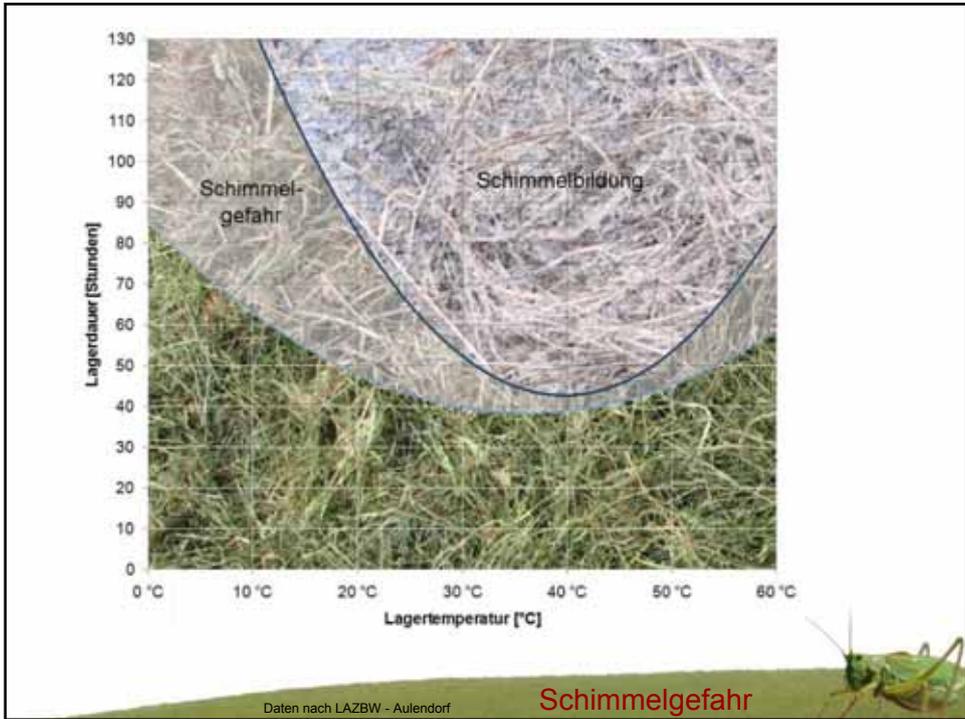
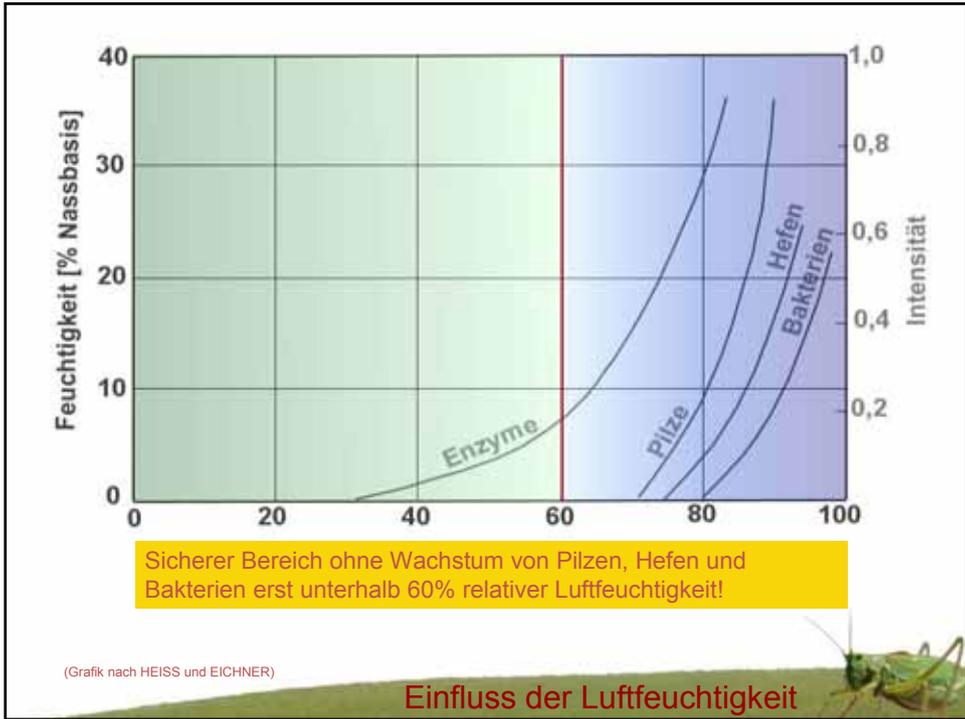


- ▶ grobstängeliges Futter aufbereiten
- ▶ nicht zu lange, aber aus Kostengründen auch nicht zu kurz vortrocknen, 2 – 3 mal mit dem Kreiselzettwender bearbeiten
- ▶ Welkheu mit 3 bis 10 Messern schneiden
- ▶ durch lockeres Beschicken für eine gleichmäßige Durchlüftung sorgen
- ▶ bereits während der Beschickung belüften
- ▶ Gleichgewicht zwischen Luftfeuchtigkeit und Heufeuchtigkeit beachten



**allgemeine Regeln**





Empfehlung von Karl Neuhofer  
(ARGE Heumilch):



„Schlagkraft so auslegen, dass die gesamte Erntefläche je Schnitt in 2 bis 3 Erntetagen bewältigt werden kann!“

**Schlagkraft ist wichtig**

| Hausanschluss-Sicherung | möglicher Anschlusswert |
|-------------------------|-------------------------|
| 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                 |

(Werte für Leistungsfaktor  $\cos \varphi = 0,83$ )

**Anschlusswert beachten!**

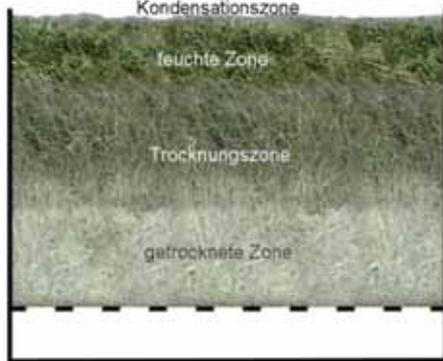


Die Trocknung von frischem Gras erfordert gegenüber einer üblichen Heubelüftung mit rund 40 % Anfangs-Feuchtegehalt etwa die 10-fache Energie!  
Daher erscheint diese Variante nur bei extrem niedrigen Energiekosten wirtschaftlich vertretbar.

Der TM-Gehalt bestimmt die Kosten

| f = 80%   | 60%  | 40%  | 35%   | 30%   |
|---|--|--|---|---|
|  |               |                         |         |  |
| Frischgut, Blätter und Stängel prall und grün                                     | Anwelkgut, Blätter bereits welk, aber noch flexibel, leicht silbrige Hellfärbung, Material zäh | Wringprobe zeigt keine Feuchtigkeit an Stängelenden mehr   | Nagelprobe an Stängeln zeigt keinen Saftaustritt mehr, feine Blätter beginnen zu rascheln | Blätter lassen sich zwischen den Fingern zerreiben, starke Bröckelverluste          |
|  |  | <p>oben Grobabschätzung des Trockenmassegehalts, links Feuchtemessgerät</p> <p><b>Welkheufeuchte</b></p> |   |   |

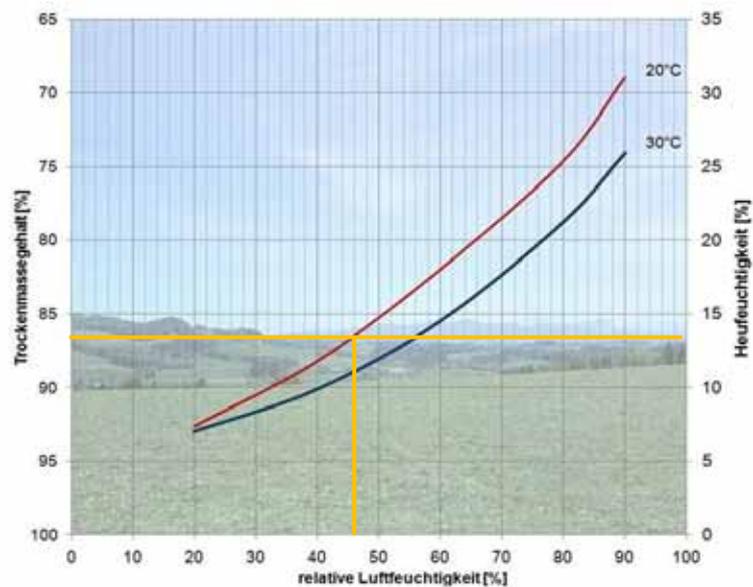




Bei der Trocknung sättigt sich die Luft mit Wasser, dabei wird Verdunstungswärme verbraucht. Daher kühlt sich die Luft je 0,5 g Wasseraufnahme/m<sup>3</sup> um 1 °C ab!  
 Nach der Sättigung kann die Luft kein Wasser aufnehmen, es erfolgt daher auch beim weiteren Durchströmen des Heus auch keine Trocknung mehr. Eventuell kann die gesättigte Luft an der Stockoberseite beim Kontakt mit kalter Umgebungsluft eine Kondensschicht bilden.

Nur bei einem „Feuchtigkeitsgefälle“ zwischen Heu und Luft ist eine Trocknung möglich! Wiesenheu kann z.B. bei 80 % rel. Luftfeuchte nur bis etwa 25 % Wassergehalt (= 75 % TM) getrocknet werden. Ein weiteres Belüften hat nur zur Vermeidung einer Selbsterwärmung Sinn.

Trocknungszonen



(Daten nach SEGLER)

Feuchtegleichgewicht



Zum Erreichen der Lagerfähigkeit von Wiesenheu darf die relative Feuchtigkeit der Trocknungsluft höchstens bei 45 bis 50% liegen!

Lagerfähigkeit

Das Trocknen unter Nutzung der Selbsterwärmung des Heus ist wegen des Verlustes an Nährstoffen unwirtschaftlich, wegen der Brandgefahr gefährlich und daher höchstens als kurzzeitige Notmaßnahme sinnvoll.

Wegen der **Brandgefahr** sollte man die Heustocktemperatur nie über 35°C ansteigen lassen!

intermittierendes Belüften

Die Ausführung der  
Trocknungsboxen ist  
entscheidend!

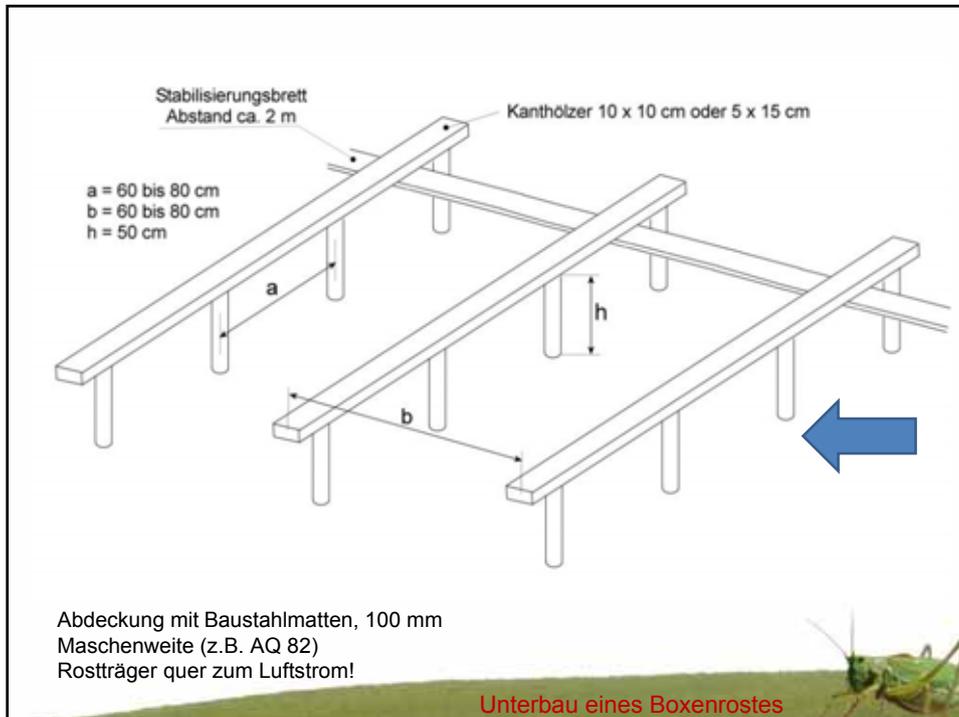


### Kriterien für Belüftungsboxen:

- Boxenfläche 20 bis 25 m<sup>2</sup> je ha, Charge
- 60 m<sup>3</sup> Boxenraum je ha für 1. Schnitt, ergibt trocken 30 bis 40 m<sup>3</sup>
- dichte Boxenwand
- ausreichende Rosthöhe (mind. 50 cm) zum Druckausgleich
- Randabdeckung (60 bis 90 cm)
- strömungsgünstiger Einblaskanal

Boxenausführung



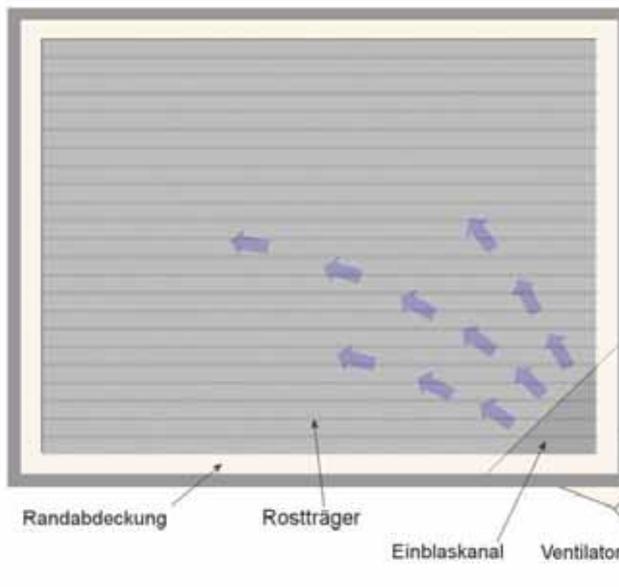




Bodenisolierung aus Verlegeplatten

(Foto DI. A. Pöllinger)

Rostunterbau mit abgedecktem Betonboden



Umlenkung des Luftstromes durch quer verlegte Rostträger

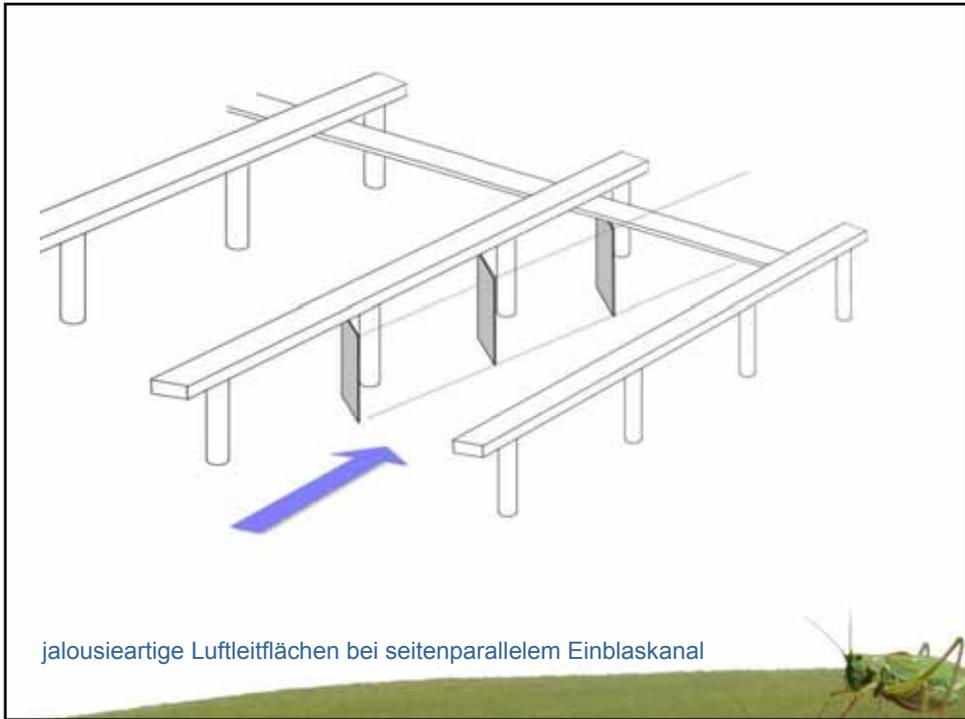
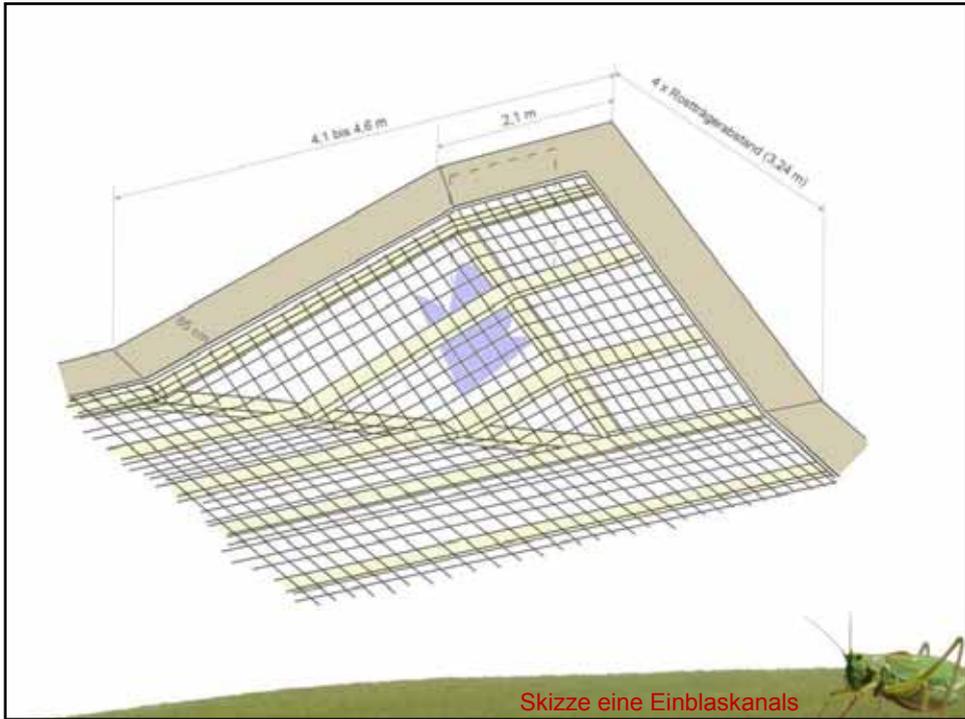
Randabdeckung

Rostträger

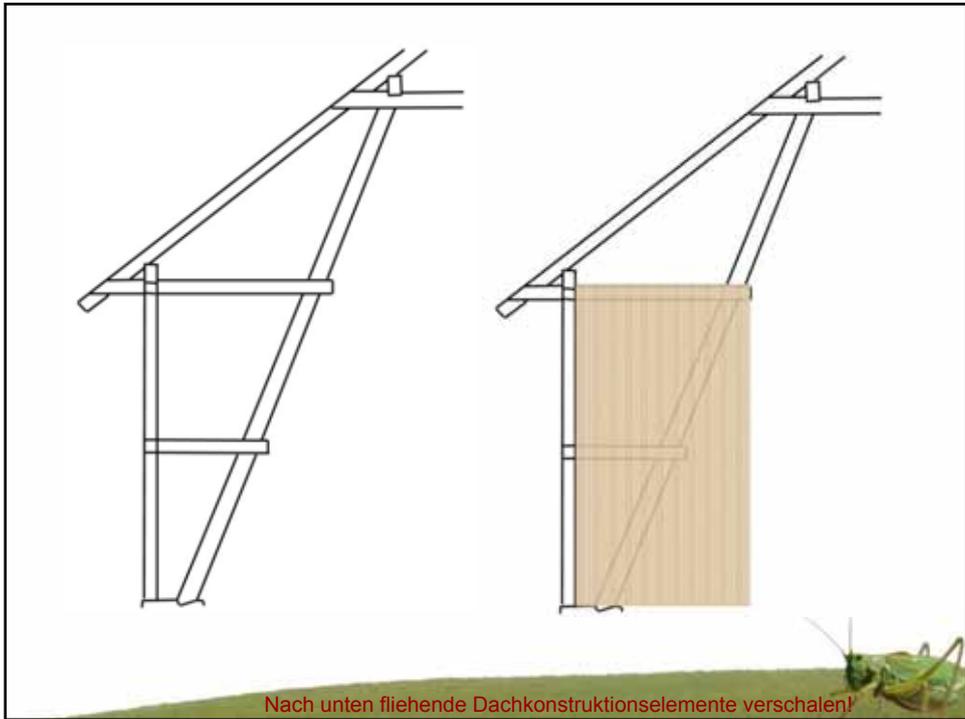
Einblaskanal

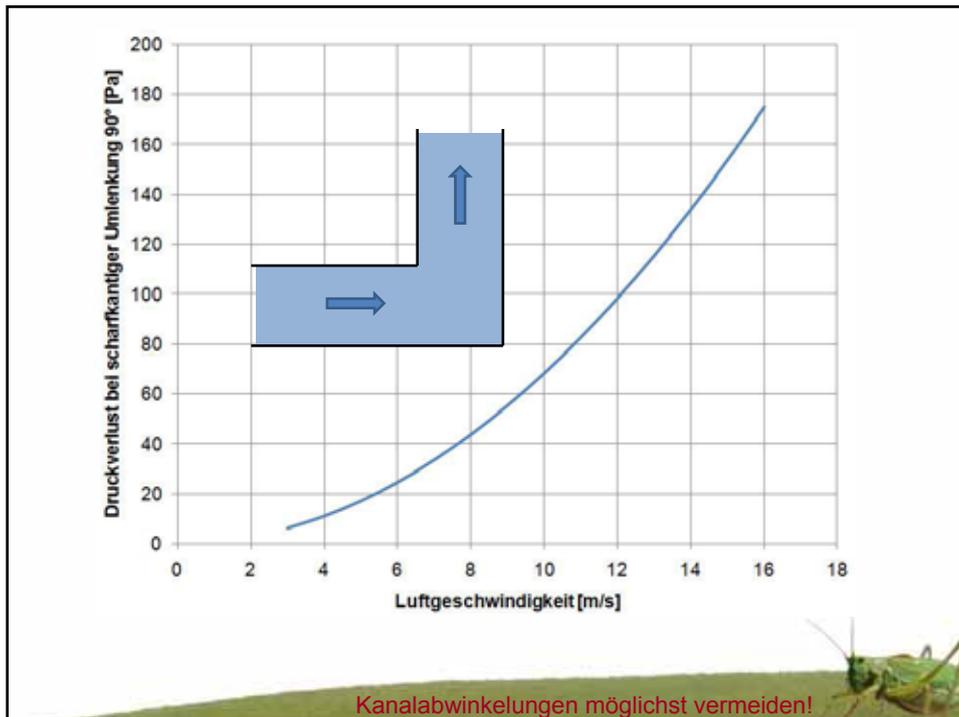
Ventilator

Strömung unterhalb des Boxenrostes











- Grüngut möglichst mit einem Mähauflbereiter bearbeiten
- mindestens 2-mal mit dem Kreiselzettwender breitstreuen und lockern. **Je feuchter, desto „schärfer“ kreiseln** um die Abtrocknung zu beschleunigen! Breitstreuen bei hoher Zapfwellen-Drehzahl (480 – 500 U/min) und langsamer Fahrgeschwindigkeit (max. 6 bis 8 km/h). Bei gutem Wetter und leistungsfähiger Anlage kann eventuell noch am ersten Tag eingefahren werden, sonst am folgenden Tag nach einem Einsatz des Kreiselzettwenders. Zum Einfahren muss das Futter einheitlich aussehen.
- mit dem Kreiselschwader locker schwaden und mit dem Lade-wagen einfahren und abladen. Ein schonendes Ladesystem ist von Vorteil (z.B. Förderketten), 3 bis 10 Messer. Eventuell mit Dosierwalzen abladen.
- mit der Krananlage das Welkheu locker und gleichmäßig in die Box verteilen, dazu Greiferzange rüttelnd öffnen und auf gleiche Stockhöhe achten. Verdichtete feuchte Stellen verderben auch bei sonst günstigen Trocknungsbedingungen!

Heubelüftung ist keine Graströcknung!



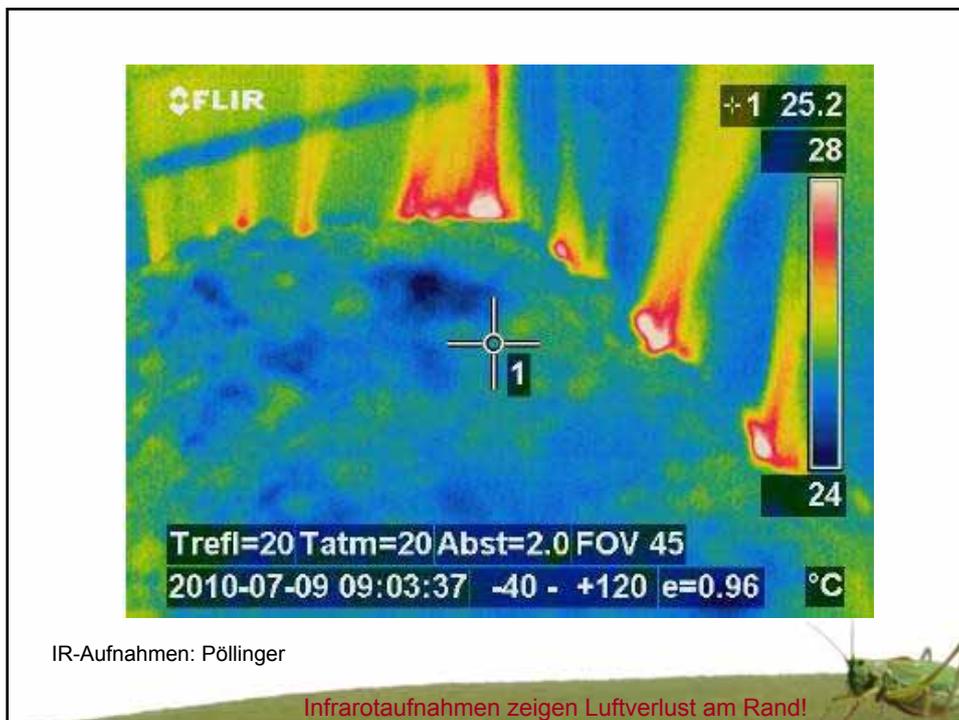
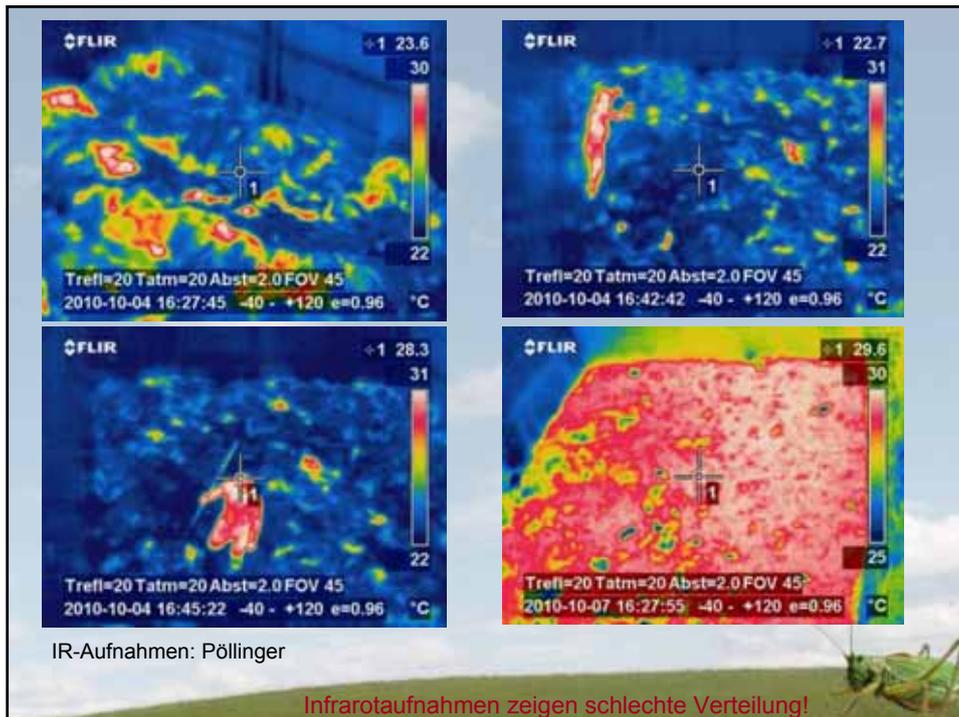
**Auflockern mit dem  
Dosier-Ladewagen**

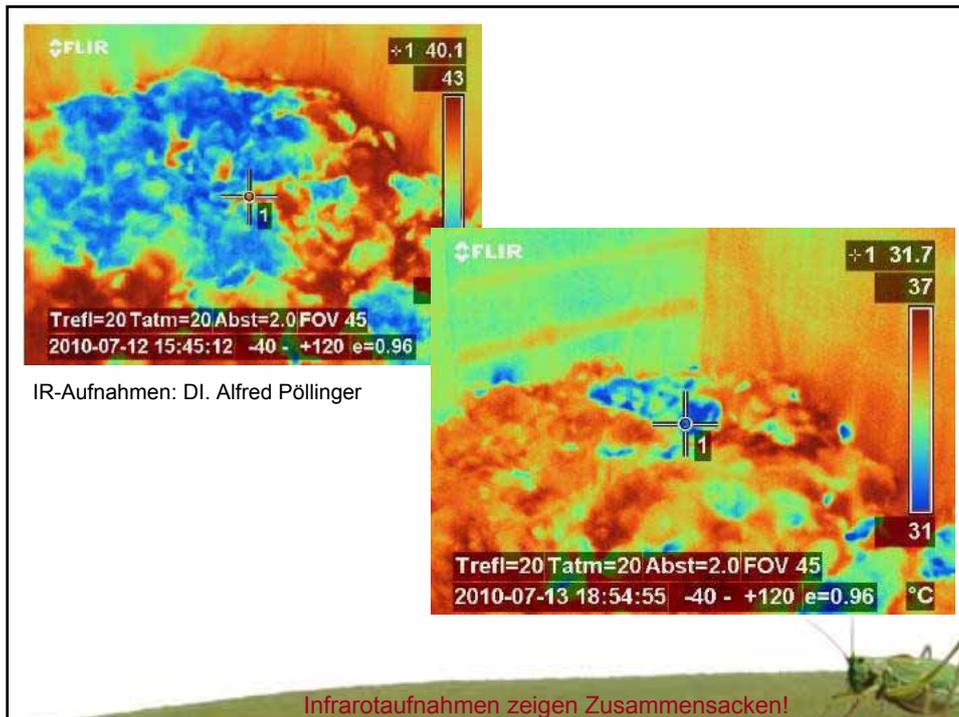


ungleiche Beschickungshöhe  
führt zu einem Luftaustritt entlang  
der Boxenwand!

sehr feuchte, verdichtete Stellen  
werden zu wenig durchlüftet und  
verderben leicht!





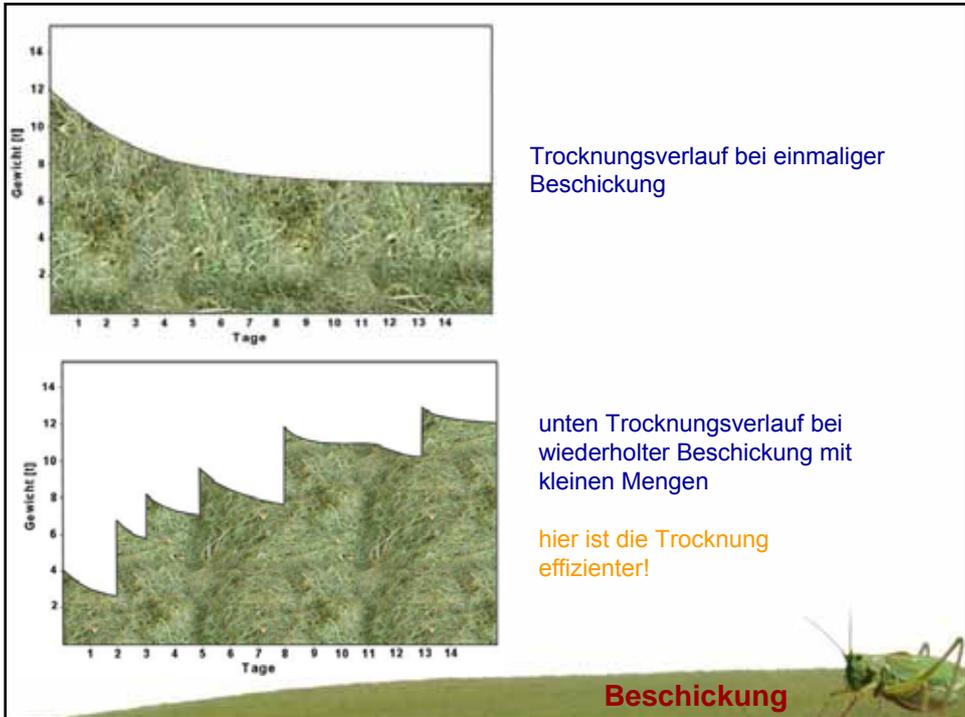


IR-Aufnahmen: DI. Alfred Pöllinger





Höhenmarken an der Boxenwand erleichtern eine gleichmäßige Beschickung.



## Der „Wasserdeckel“ begrenzt die Schichthöhe:



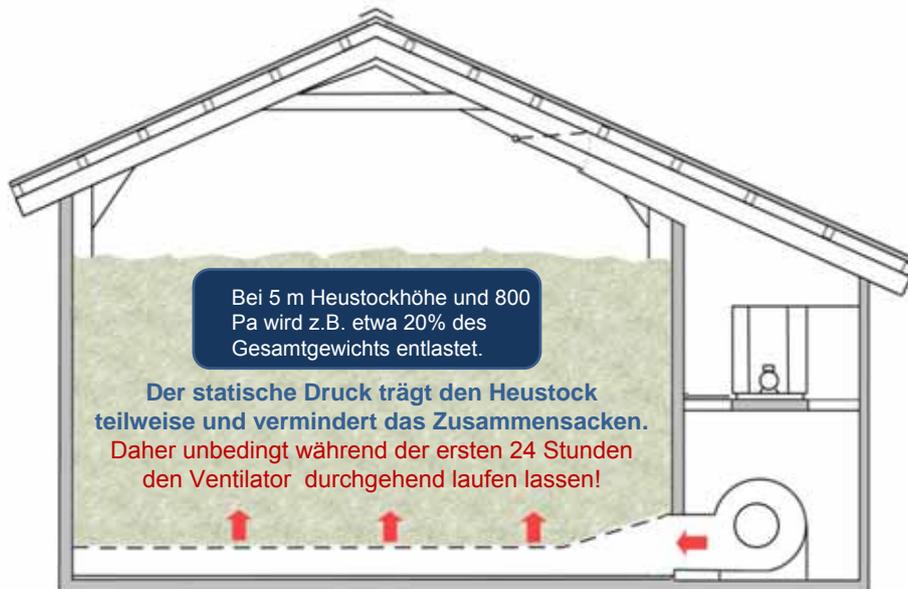
Beispiel:

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.

zulässig ist erfahrungsgemäß ein „Wasserdeckel“  
von  $50 \text{ kg/m}^2$  entsprechend 2 Sack Zement je  $\text{m}^2$ !

„Wasserdeckel“ bei Kaltbelüftung



Bei 5 m Heustockhöhe und 800 Pa wird z.B. etwa 20% des Gesamtgewichts entlastet.

Der statische Druck trägt den Heustock teilweise und vermindert das Zusammensacken.

Daher unbedingt während der ersten 24 Stunden den Ventilator durchgehend laufen lassen!

Bei 800 Pa Druck und  $100 \text{ m}^2$  Boxenfläche beträgt die Gewichtsentlastung des Heustockes  $80 \text{ kg je m}^2$  oder insgesamt  $8.000 \text{ kg} = 8 \text{ t}$ !

Bei Problemen mit dem Luftdurchsatz des Heustockes und drohendem Zusammensacken kann die Heubox ausgeräumt und locker neu beschickt werden! Dabei werden feuchte obere Schichten unten eingelagert, um den „Wasserdeckel“ zu verringern. – Achtung: Brandgefahr bei Heutemperatur über 35 bis 40 °C !

Bei vorhandener Dachabsaugung erkennt man das Nachlassen des Luftdurchsatzes an der Kraft zum Öffnen einer nach außen aufgehenden Tür zur Lüfterkammer:



Bei einer Tür mit etwa 2 x 1 m Abmessung (2 m<sup>2</sup> Fläche) wirkt bei 100 Pa Saugdruck insgesamt eine Kraft von 200 N = 20 kg.

Die zum Öffnen nötige Kraft an der Türschnalle beträgt dann etwa 10 kg. Tatsächlich liegt der Saugdruck eines Dachkollektors meist unter 100 Pa, daher liegt die typische Kraft zum Öffnen der Türe in der Größenordnung von 7 bis 12 kg.

**Zusammensacken des Heus**

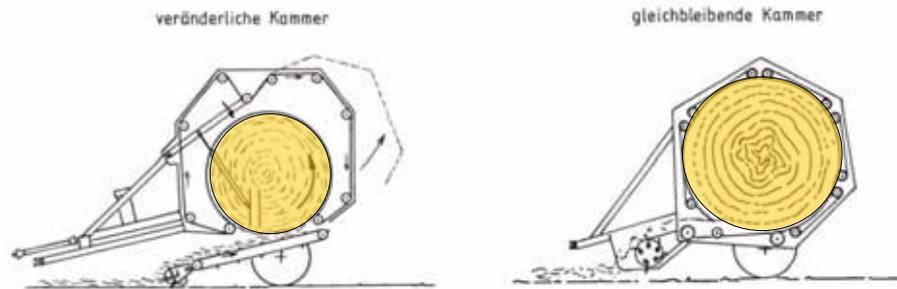
## Rundballen- belüftung

ist wegen der Pressung  
schwieriger und teurer  
als Loseheutrocknung!



- ▶ Wassergehalt bei üblichen Anlagen maximal 30 bis 35%, bei großdimensionierter Warm-/Entfeuchtertrocknung auch höher
- ▶ Ballen mit gleichmäßiger Dichte (Presse mit variabler Kammer!) trocknen meist besser, erfordern aber eher höheren Druck
- ▶ ideal sind Ballen mit 100 bis 130 kg/m<sup>3</sup> Dichte und 1,2 bis 1,5 m Durchmesser, Pressdruck z.B. 60 bis 80 bar
- ▶ Luftdurchsatz ca. 1.000 bis 2.000 m<sup>3</sup>/h und Ballen, Strömungswiderstand ca. 800 bis 1.300 Pa
- ▶ Ballen sollten möglichst einmal gewendet werden

Zwei verschiedene Press-Verfahren bilden unterschiedlich zur Belüftung geeignete Ballen



Rundballenpressen







Foto: Josef Reindl



Ballenbelüftung (Foto: Wetzler - Thermodynamic)







Ballenbelüftungseinheit für je zwei Rundballen (Bild Spindler)



Rundballenbelüftung aus der Ballenmitte (Weiterentwicklung System Haytech)





gutes boxengetrocknetes Heu (6,88 MJ NEL/kg TS)


**LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE  
FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E.V.**

No. 127, Putsch 17 310 900 München      Datum: 02.07.2010  
 Tel.: 089 306 10-0      Orlb.: 14192114910  
 Telefax: 089 306 10-100      Super: 1479

**Ergebnisbericht zur Futteruntersuchung**

| Parameter  | Probe-<br>wert | Vergleichs-<br>wert | Werte des<br>besten Proben |
|--|----------------|---------------------|----------------------------|
| <b>Trockenmasse (TM) g<br/>je kg Frischmasse</b> | 867            | 865                 | 865                        |
| <b>Wasser je kg TM</b>                           |                |                     |                            |
| Kohlensäure g                                    | 85             | 85                  | 85                         |
| Sulfidwasser g                                   | 125            | 125                 | 125                        |
| Ammoniak g                                       | 104            | 103                 | 103                        |
| Meth. Protein g                                  | 164            | 159                 | 159                        |
| Phosphor g                                       | 5              | 5                   | 5                          |
| Kalium g   | 28             | 30                  | 30                         |
| Natrium g  | 102            | 105                 | 105                        |
| <b>Enthalpie je kg TM</b>                        |                |                     |                            |
| NE   | 60             | 6,88                | 6,88                       |
| NE (Meth)  | 40             | 11,33               | 11,33                      |

Die Energiebewertung wird erstellt auf der basisierten Nährstoffgehalte  
 und den daraus abgeleiteten Verdauungskoeffizienten.  
 Verantwortl. Hauptabteilung ab Mai 2009.  
 Alle Vergleichswerte wurden die Durchschnittswerte der Best- (Hochst)-  
 nachgeprüft, in Einzelheit sind liegen zu viele Ergebnisse vor.  
 Das mittlere Ergebnis (NEP) hat die Anfertigung der Mischens aus Übergangs-  
 und Mischungsproben (nach Hauptabteilung) bei ungenügender Saison.

6,88 MJ NEL/kg TM



## Eine sorgfältige Planung entscheidet über den Erfolg

| Ordnungsnummer |                  |                            |                                |                        |                     |                             |                               |                          |                                       |                                  |                    |
|----------------|------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| ha             | Chargen-<br>zahl | Anzahl<br>Schichten (Jahr) | Reiszeit je<br>Schicht (h/Tag) | mitt.<br>Biosseefläche | mitt.<br>Biossehöhe | geschätzte<br>Biosseefläche | Biosseertrags<br>(t./Schicht) | Schichthöhe je<br>Charge | Biosseertrags<br>(t./Schicht, gesamt) | Reisvolumen<br>(gesamt, trocken) | Biosse-<br>volumen |
|                | 1                | 1                          | 1                              | 1                      | 1                   | 1                           | 1                             | 1                        | 1                                     | 1                                | 1                  |

| Berechnungsmodell Trocknung                                    |                                 |
|--|---------------------------------|
| Eingangsdaten  | Ergebnis                        |
| Anzahl ha/Charge   | 5,0                             |
| Ertrags- und Charge (Trockengut)                               | 2.800 kg/ha (zB: 200 kg/Charge) |
| Asseraleertrags je 1t übercharge                               | 5,4 = 1.620 kg/ha               |
| Anfangfeuchte (%)  | 37,0                            |
| Endfeuchte (%)   | 13,0 (zB: 10 %)                 |
| Wärmebelüftung mit Solarkollektor                              | frühling Absorber               |
| Luftentfeuchter  | nach                            |
| Wärmebelüftung mit Heizung                                     | nach                            |
| Durchströmweg (m)  | 6,0                             |
| Trocknungsgut  | ausgewogen                      |
| belüftete Biosseefläche (m <sup>2</sup> )                      | 130,0 (zB: 20 °C)               |
| mittlere Lufttemperatur [°C]                                   | 19,0 (zB: 15 %)                 |
| mittlere relative Luftfeuchtigkeit (%)                         | 80 (zB: 10,0 m³/s)              |
| Vertikale Volumenstrom (m <sup>3</sup> /h)                     | 00.000                          |
| Stromtarif Ventilator (kWh/kWh)                                | 0.130                           |
| Stromtarif Wärmepumpe (kWh/kWh)                                | 0.130                           |
| Heizpreis (€/t)  | 0.650                           |
| Nachgaspreis (Cent/kWh)  | 3.720                           |
| Leistung der Wärmepumpe (kW)                                   | 15,0                            |
| Leistung Heizgerät (kW)  | 84                              |
| Solarkollektorfläche (m <sup>2</sup> )                         | 332 (zB: 1 + bei Feine)         |
| volumen Wirkungsgrad (%)                                       | 0,82 (zB: bei Feine 0,8)        |
| Faktor für Entfeuchtungsleistung (%)                           | 1,10 (zB: 1,1)                  |
| Volumen/Charge (m <sup>3</sup> )                               | 200                             |
| belüftete Fläche - Richtwert (m <sup>2</sup> )                 | 100                             |
| Anfangsgewicht (kg)  | 10.333,33                       |
| Endgewicht (kg)  | 14.000,00                       |
| abgetrocknete Wassermenge (kg)                                 | 8.333,33                        |
| Schichthöhe/Charge (m)   | 1,90                            |
| mittlerer Ventilatordruck (Pa)                                 | 900 (200 ein 100 max. Druck)    |
| Lufttemperatur Heizung/Solar [°C]                              | 5,17                            |
| Wasseraufnahme d. Luft (g/m <sup>3</sup> )                     | 2,16                            |
| Trocknungsluft (t)   | 40                              |
| Vertikaleleistung (kW)   | 20,93                           |
| Taupunkt bei Volumenfeuchtung erreicht                         |                                 |
| spezifischer Volumenstrom (m <sup>3</sup> /h, m <sup>2</sup> ) | 0,11                            |
| spezifischer Volumenstrom (m <sup>3</sup> /h, m <sup>2</sup> ) | 344,62                          |
| Leistung Solarkollektor (kW)                                   | 62,60                           |
| Entfeuchtleistung/Vertikalleistung                             | ---                             |
| Energieverbrauch/kg Wasser                                     | 0.152 kWh/kg Wasser             |
| Energieverbrauch/100 kg Trocknungsgut                          | 73,2 kWh/100kg Trocknungsgut    |
| Energieleistung/kg Wasser                                      | 2.08 Cent/kg Wasser             |
| Energiekosten/kg Trocknungsgut                                 | 3,2 Cent/kg Trocknungsgut       |

## Ventilator auswählen:

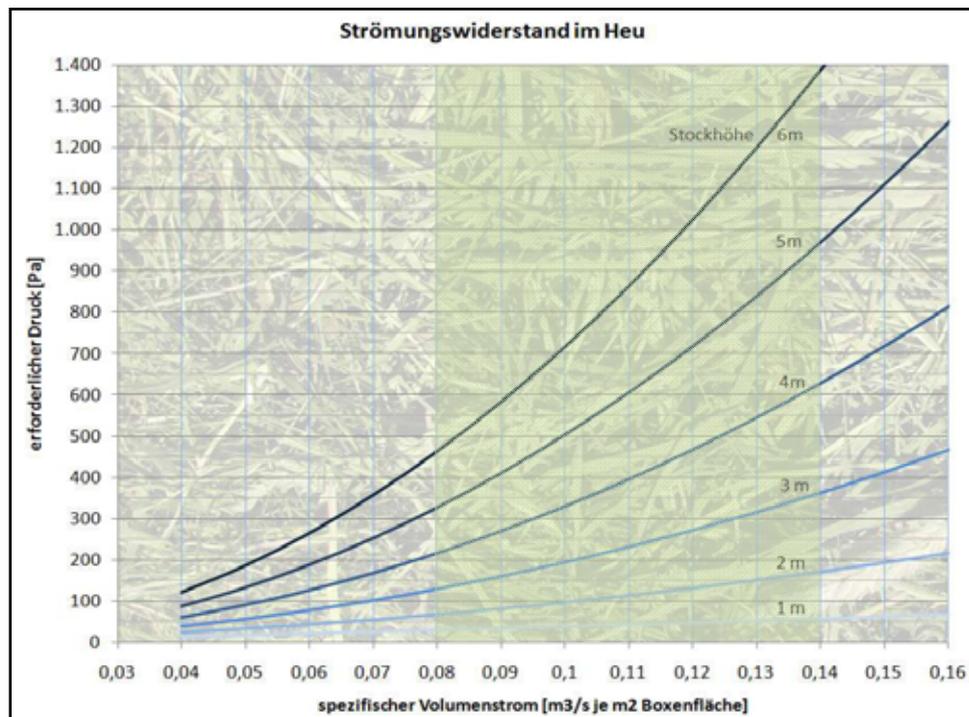
- **Volumenstrom** 11 m<sup>3</sup>/s (= 40.000 m<sup>3</sup>/h) je 100 m<sup>2</sup> belüftete Fläche
- **Gesamtdruck** 100 bis 240 Pa/m Stockhöhe + 75 bis 100 Pa bei Dachabsaugung + Druckverlust in Wärmetauschern (ca. 50 bis 100 Pa)

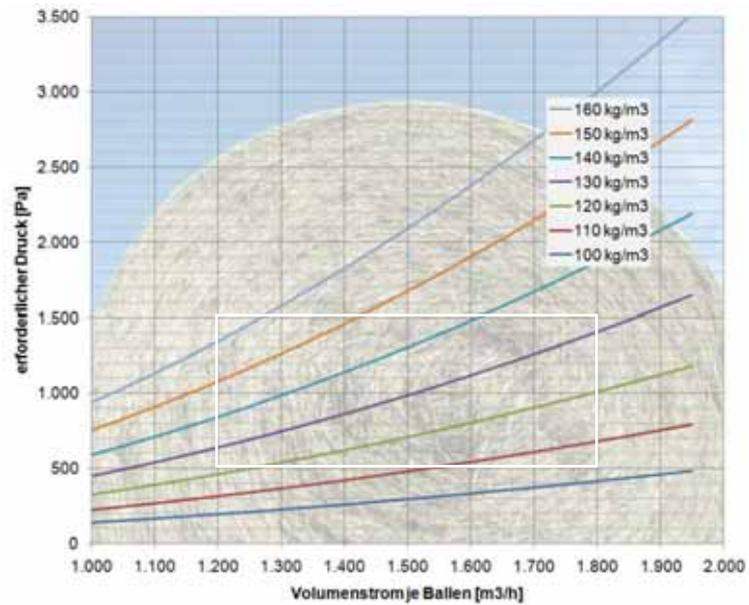
typisch 1.400 bis 1.600 Pa maximaler Druck

*Umrechnung:*

*10 mm Wassersäule = 100 Pa = 1 mbar*

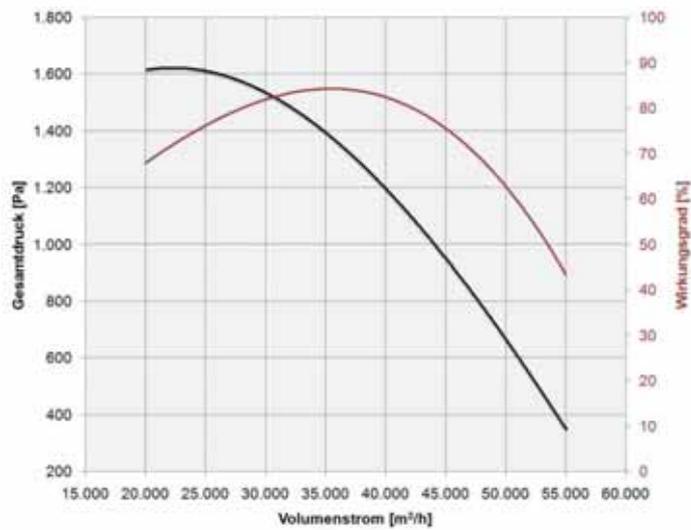
**Eckdaten für die Planung**





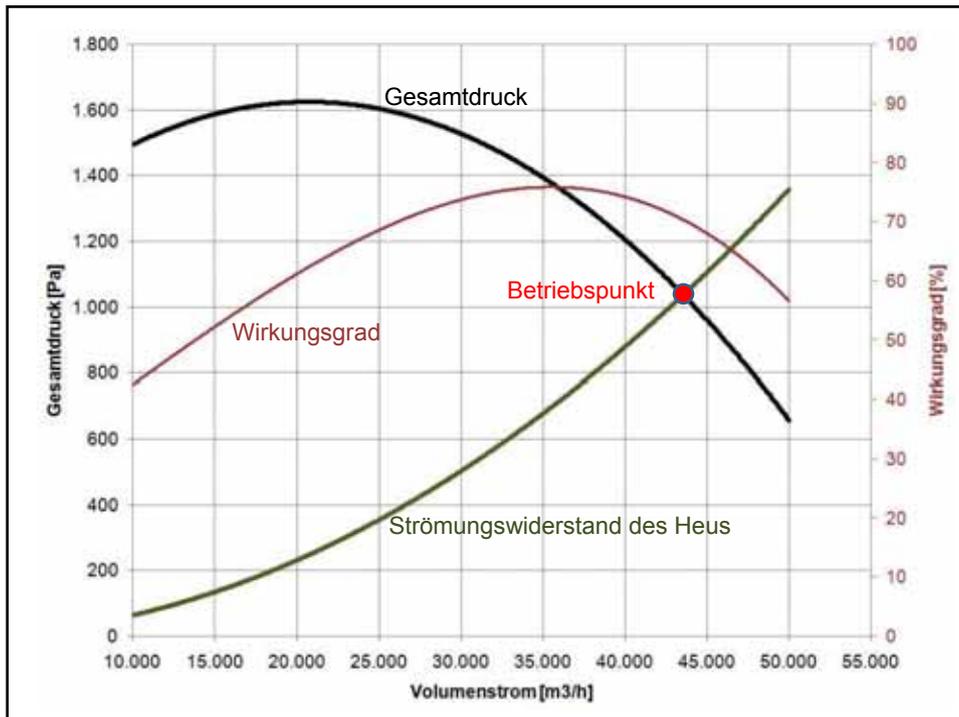
(Werte für Ballendurchmesser 1,3 m)

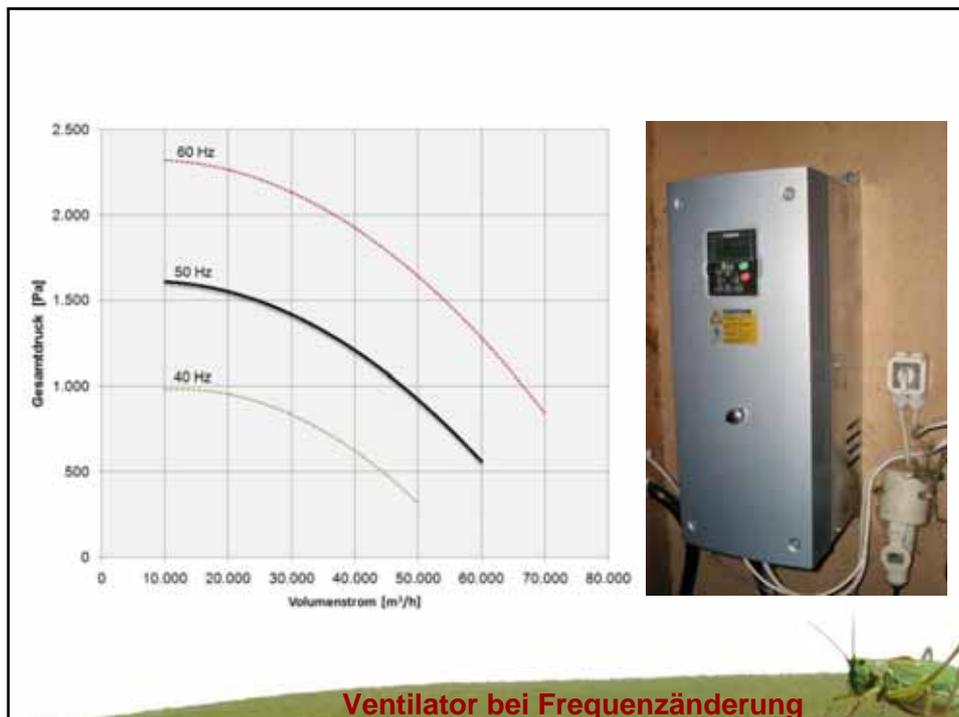
### Kennlinie des Ventilators beachten



Ventilator Kennlinien







Die passende Auswahl des Ventilators ist entscheidend für die Trocknungswirkung aber auch für den Energieverbrauch!

Bei ein- und demselben Ventilator liegt der Betriebspunkt selbst bei gleicher Drehzahl je nach dem Gegendruck des Heustocks an verschiedenen Stellen und damit bei unterschiedlichem Wirkungsgrad.

Heustockhöhe, Dichte des Welkheus und dessen Zusammensetzung bestimmen neben dem spezifischen Luftdurchsatz den Gegendruck.

**Ventilatorauswahl**

Grobstrukturiertes Futter (wie z.B. Luzerne) hat einen geringeren Strömungswiderstand als feinblättriges Kleeheu!



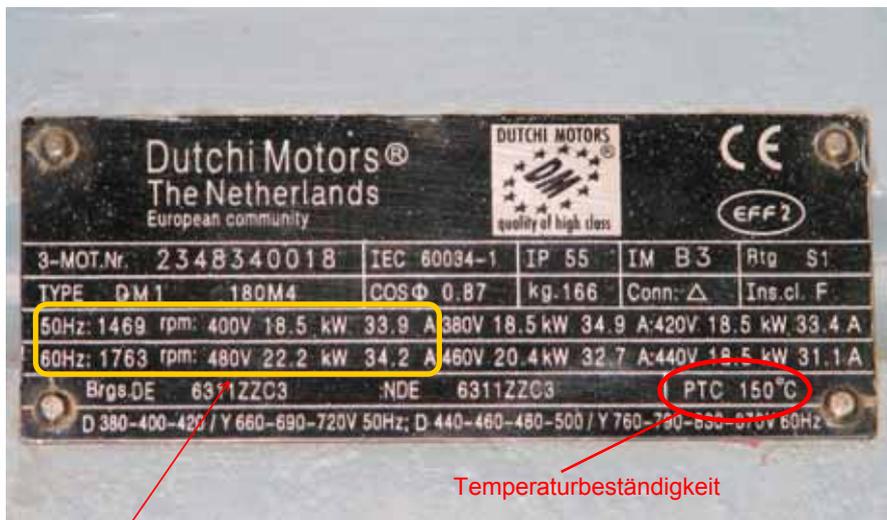
## Drehzahländerung bei Ventilatoren

- ▶ Volumenstrom (Luftdurchsatz) ist proportional zur Drehzahl
- ▶ Druck steigt mit dem Quadrat der Drehzahl
- ▶ Antriebsleistung steigt mit der 3. Potenz der Drehzahl

Ventilatoren brauchen meist bei geringem Gegendruck mehr Antriebsleistung, als bei höherem Druck (und gleicher Drehzahl)!

Drehzahländerung bei Ventilatoren

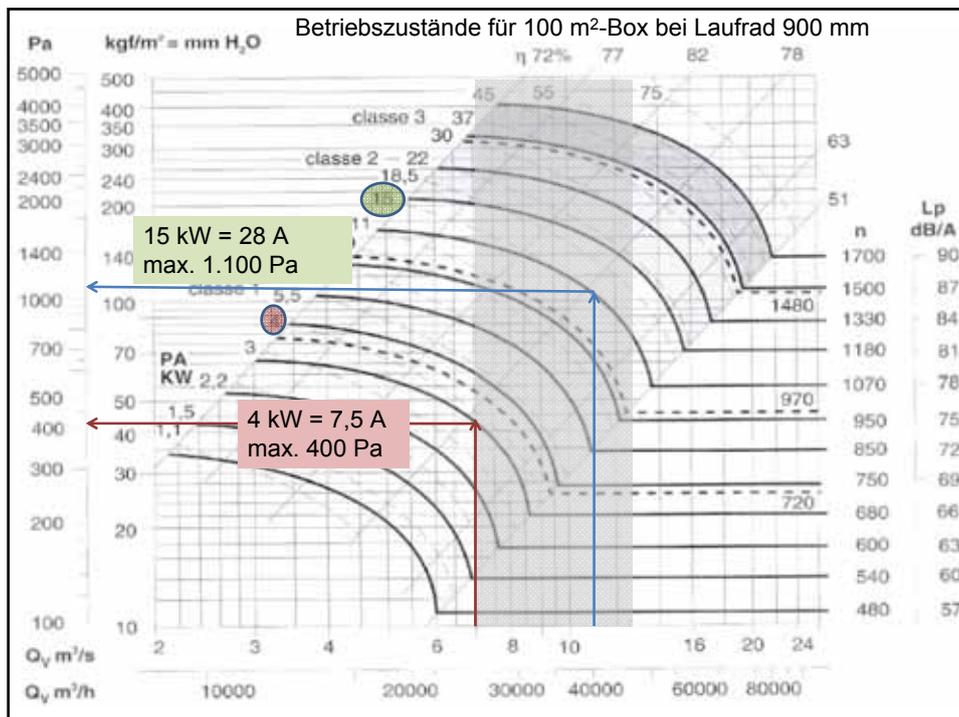


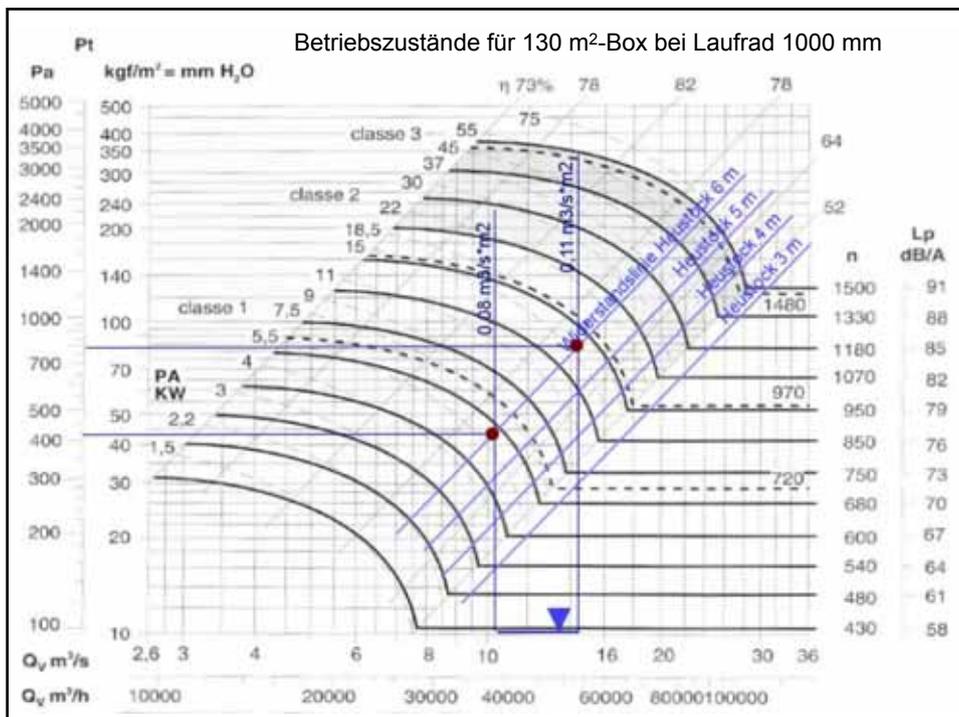
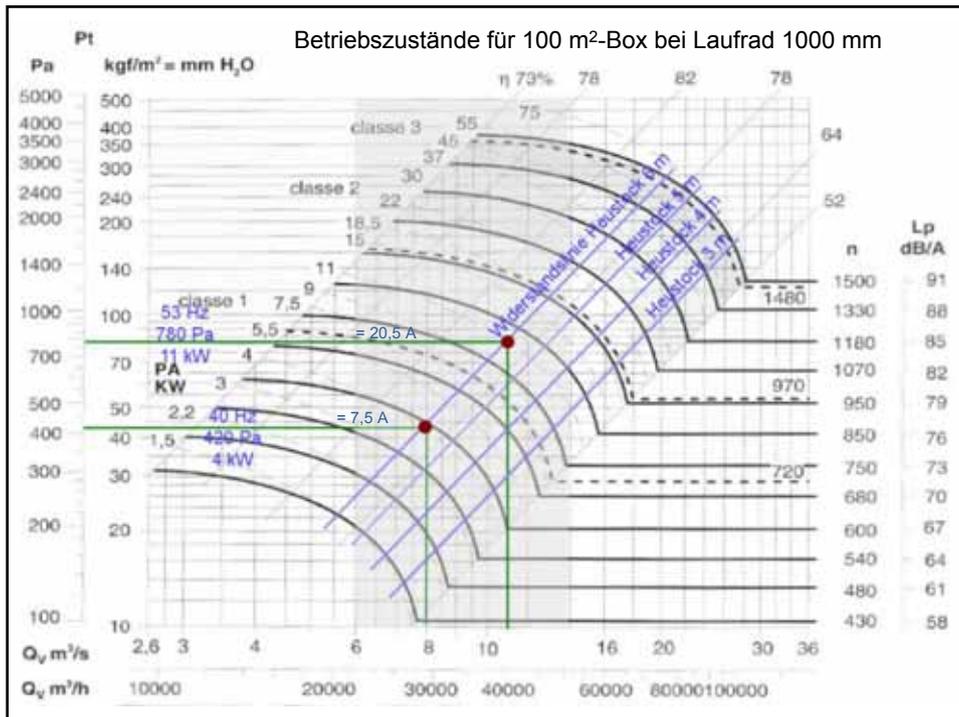


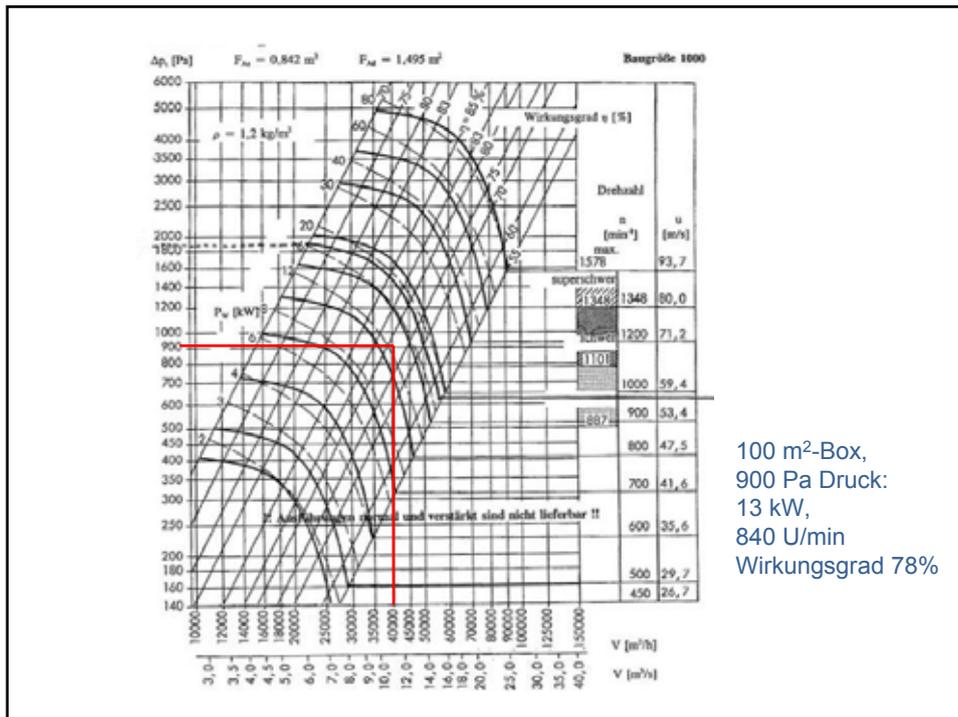
Drehzahl, Spannung, Leistung  
bei unterschiedlicher Frequenz

Temperaturbeständigkeit

### E-Motor Eigenschaften





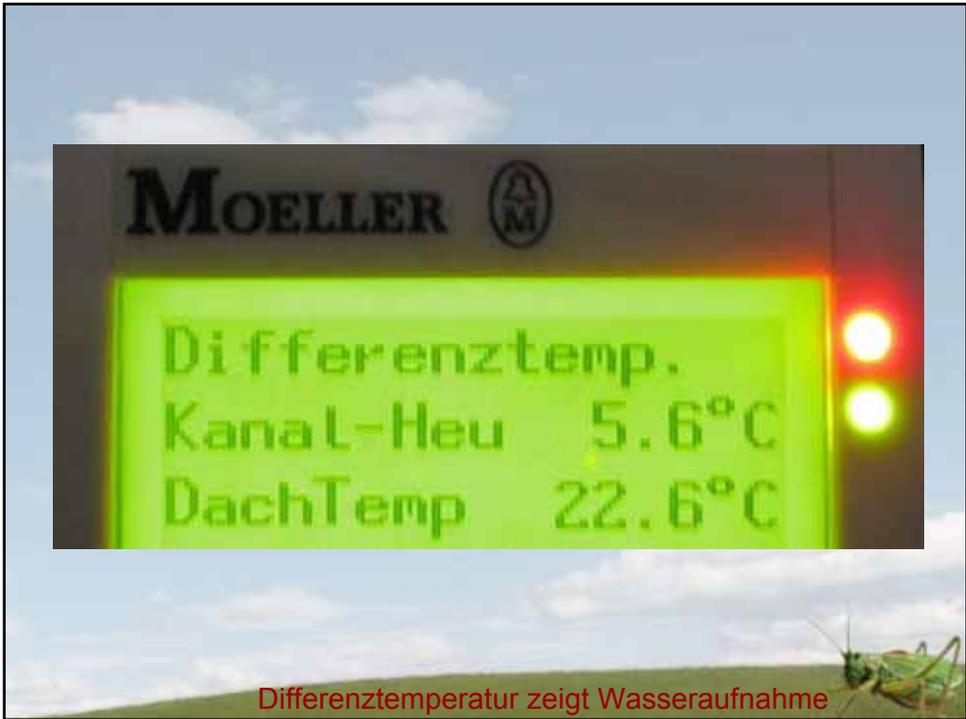
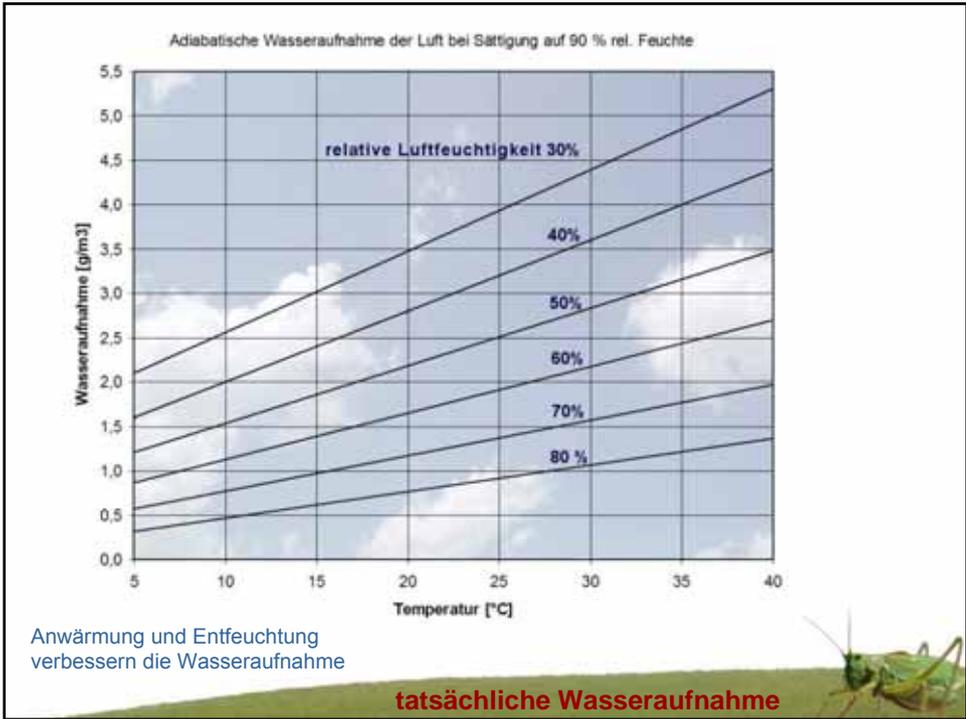


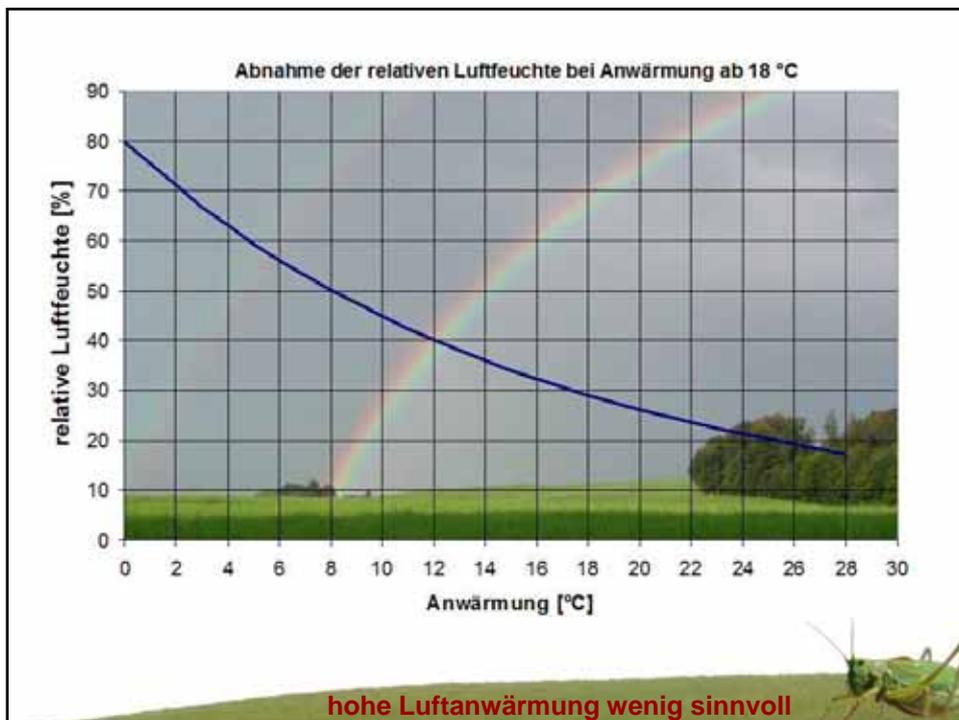
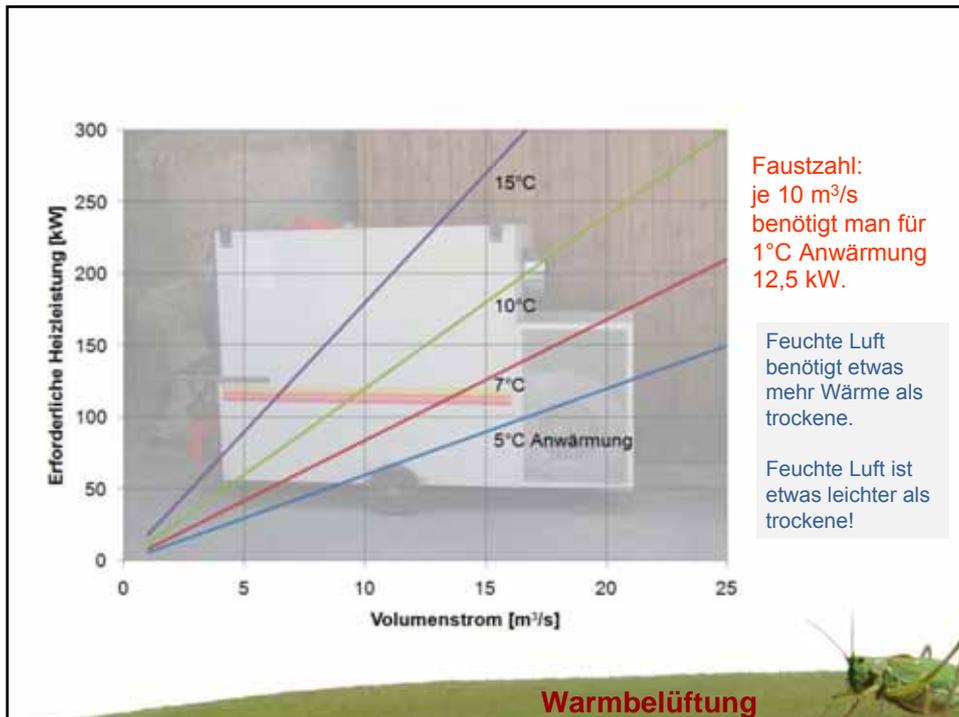
Zum Abtrocknen des Wassers ist eine Verdampfungswärme von etwa 0,63 kWh/l Wasser erforderlich. Diese Wärme wird der Luft entzogen, die Folge ist eine Abkühlung.

Die Abkühlung während der Trocknung ist ein Maß für die Wasseraufnahme der Luft!

**1°C entspricht etwa 0,47 g Wasser je m<sup>3</sup> Luft**

Abkühlung bei der Trocknung







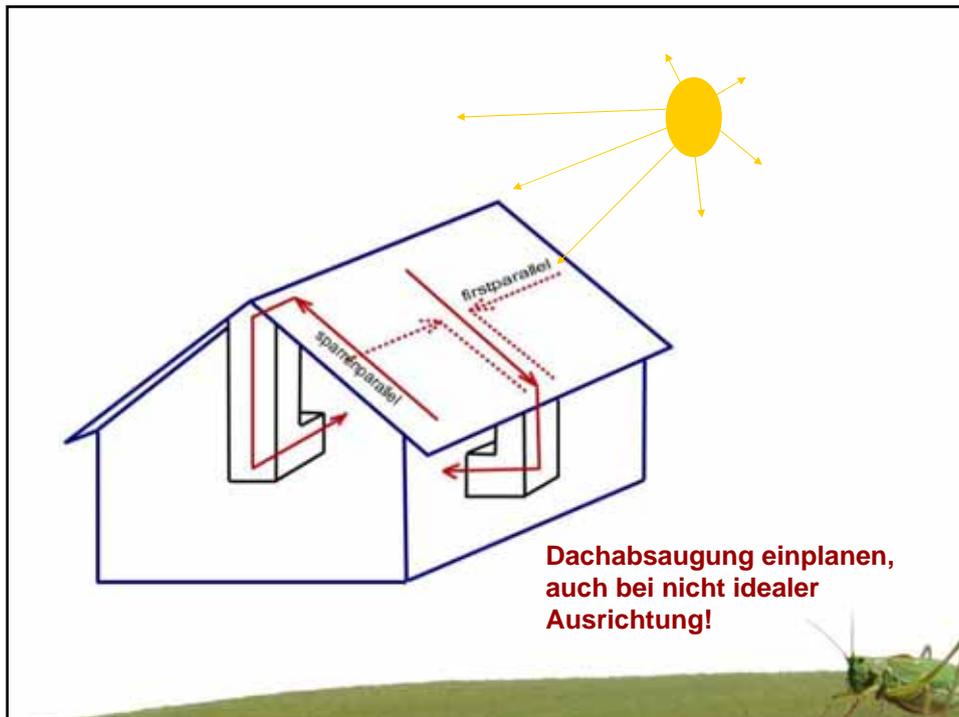
links Warmluftofen, oben Warmwasserkessel mit Pufferspeicher

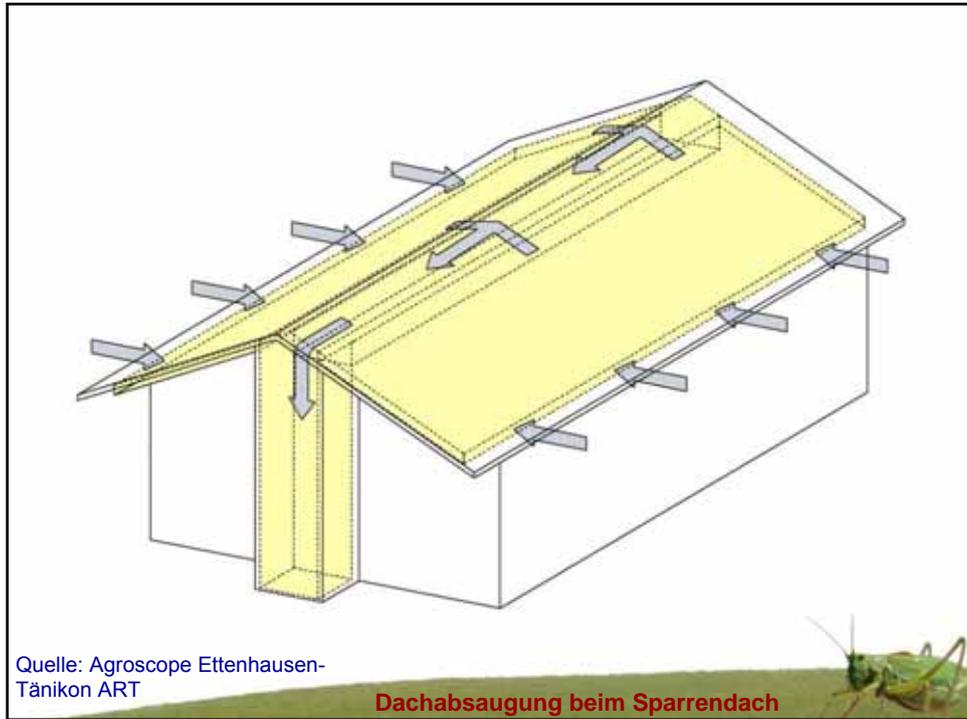
Hackgutkessel



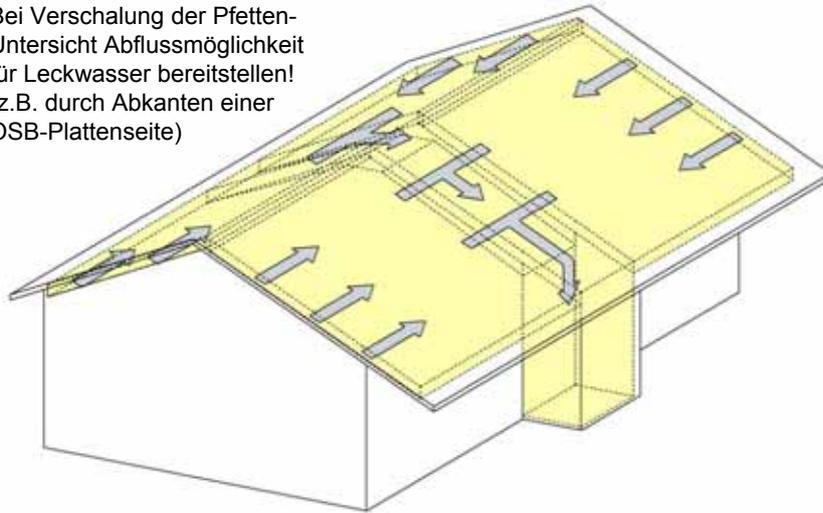
### Wärmetauscher

Richtwert:  
maximal 3 bis 4 m/s  
Anströmgeschwindigkeit  
(0,7.. 0,9 m<sup>2</sup> je 10.000 m<sup>3</sup>/h)  
Druckverlust möglichst unter  
50 Pa, weite Lamellen





Bei Verschalung der Pfetten-  
Untersicht Abflussmöglichkeit  
für Leckwasser bereitstellen!  
(z.B. durch Abkanten einer  
OSB-Plattenseite)



Quelle: Agroscope Ettenhausen-Tänikon ART

**Dachabsaugung beim Pfettendach**

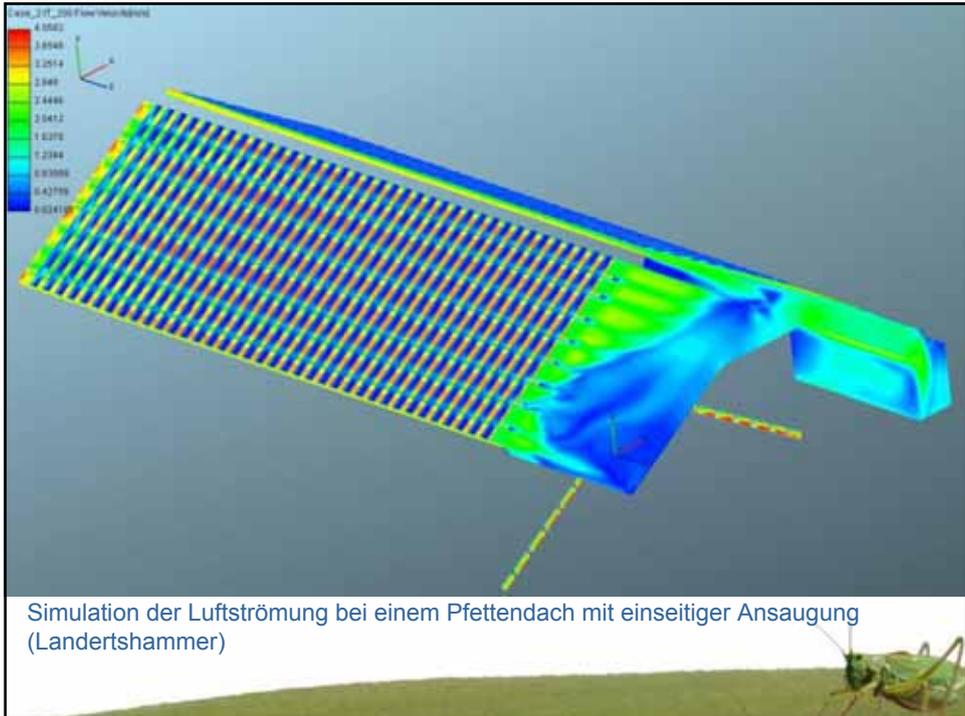
| Exposition<br>(Abweichung von<br>Süden)<br>Grad | Dachneigung |     |     |     |     |
|---|-------------|-----|-----|-----|-----|
|   | 10°         | 20° | 30° | 40° | 50° |
| 0 (Süd)   | 98          | 100 | 99  | 96  | 89  |
| 30  | 97          | 99  | 98  | 94  | 88  |
| 60  | 95          | 94  | 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)                                      | 85          | 74  | 62  | 47  | 32  |

Ausnutzungsgrad der Sonneneinstrahlung in Abhängigkeit von  
Dachneigung und Südabweichung

Bei senkrechter Wand ca. 37% Ausnutzung gegenüber 20°-Dach!

Quelle: Agroscope  
Ettenhausen-Tänikon ART

**Dachabsaugung - Ausrichtung**







## Hybridkollektoren

### Vorteile:

- teilweise besserer thermischer Wirkungsgrad des Luftkollektors
- besserer Wirkungsgrad der Solarzellen (0,3 bis 0,5 % je Grad Kühlung)

### Nachteile:

- hoher Investitionsbedarf  
(2 bis 4 €/Wp, bei grob 10 m<sup>2</sup> /kWp = 2.000 bis 4.000 €/kWp  
oder 200 bis 400 €/m<sup>2</sup>)
- geringe oder fehlende Förderung
- Einspeiseelektronik nötig

Fotovoltaik + Luftkollektor





Foto: Biolandhof Braun, Freising

**Solarpaneele als Dachdeckung**



Foto: Biolandhof Braun, Freising

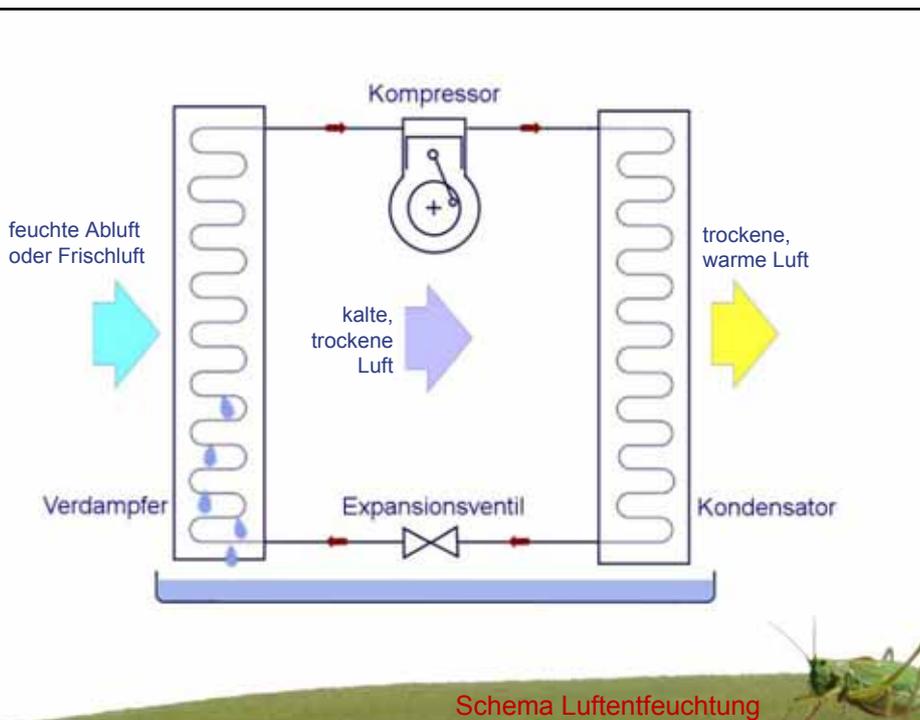
**Solardach - Montage**





Foto: Biolandhof Braun, Freising

üblicher Luftkollektor

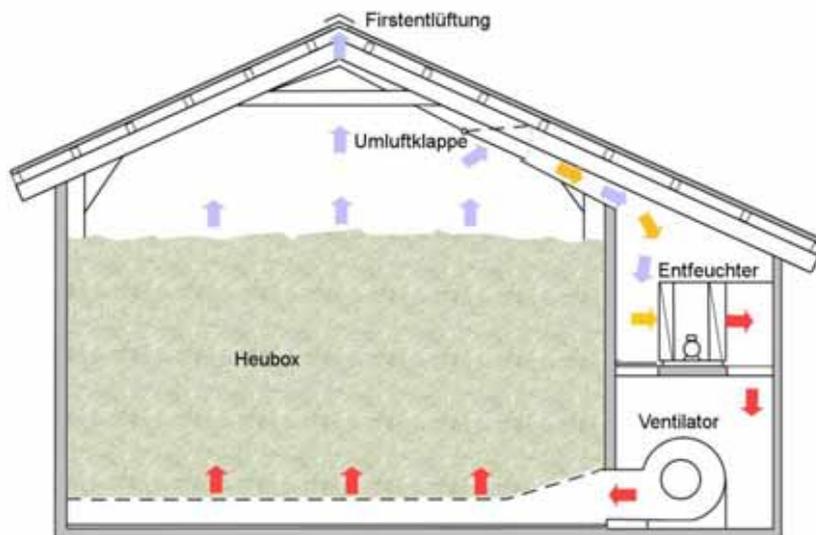


Schema Luftentfeuchtung



Entfeuchter-Aggregat mit aufgesetztem Frequenzwandler.

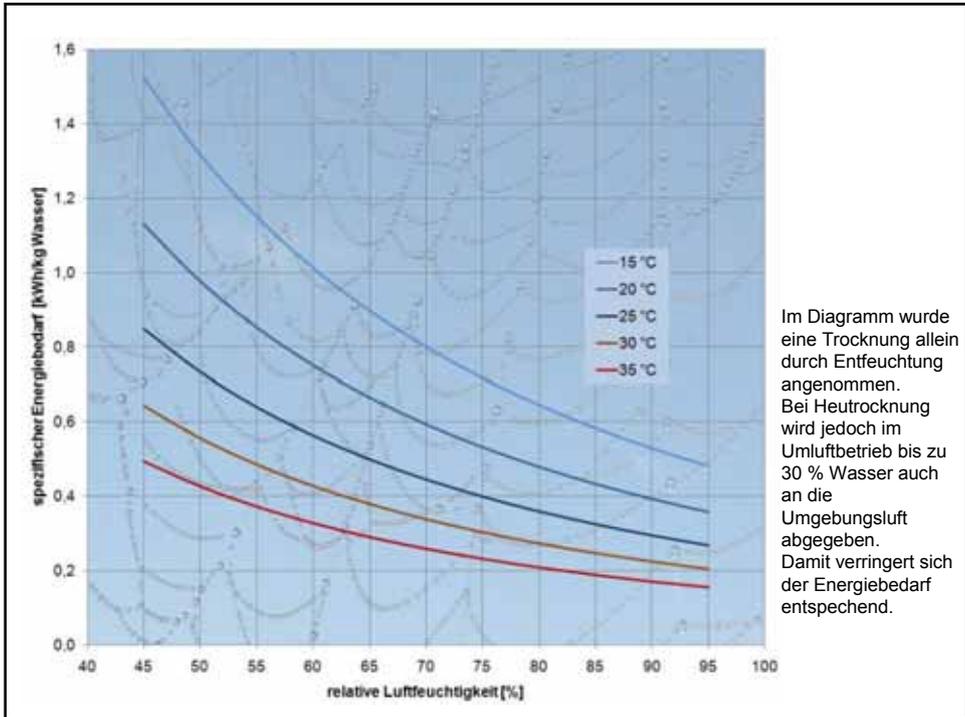
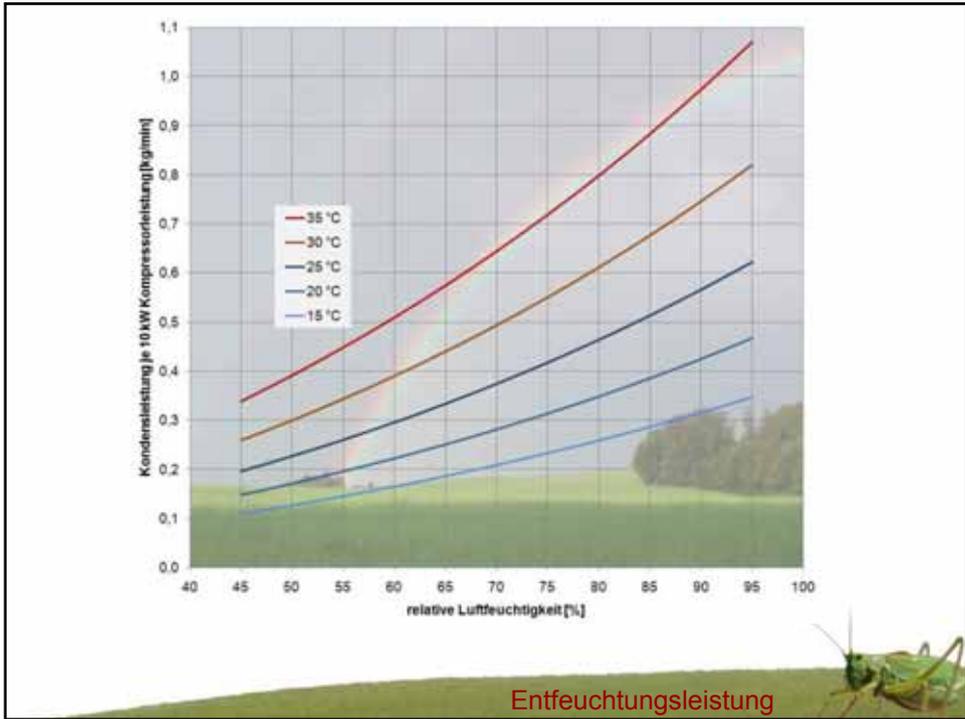
**Luftentfeuchter**



**Vollentfeuchtung mit Umschaltung auf Umluftbetrieb u. Luftkollektor**







**Entscheidend für einen wirkungsvollen Betrieb von Luftentfeuchtern ist eine hohe relative Luftfeuchtigkeit verbunden mit einer hohen Temperatur!**

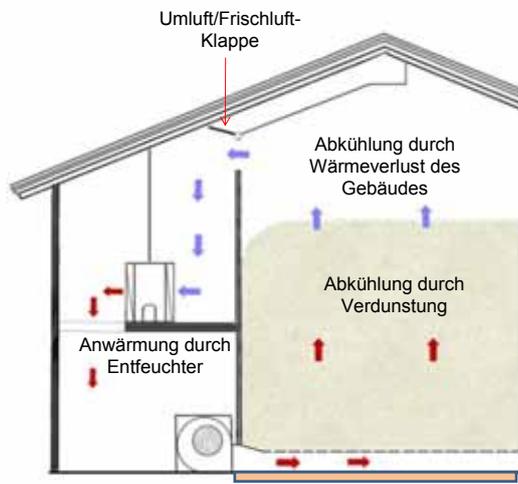


Die Kondensleistung, aber auch die Wärmeleistung von Entfeuchtern ist von diesen beiden Faktoren wesentlich abhängig.

Entfeuchter - Betriebsbedingungen

- ▶ gute Abstimmung des Luftdurchsatzes ist sehr wichtig!  
Verhältnis Kompressorleistung/Leistung des Ventilators ab 0,5 : 1 bis 2,5 : 1
- ▶ bei geringer Luftfeuchtigkeit und niedriger Temperatur arbeiten Entfeuchter schlecht – ev. unterhalb 40 % rel. Feuchte abschalten
- ▶ bei Außentemperaturen unterhalb von 20 bis 25 °C eher im Umluftbetrieb fahren, damit Trocknungslufttemperatur steigt
- ▶ eventuelle Wärmetauscher stets nach dem Entfeuchter anordnen

Entfeuchter - Betrieb

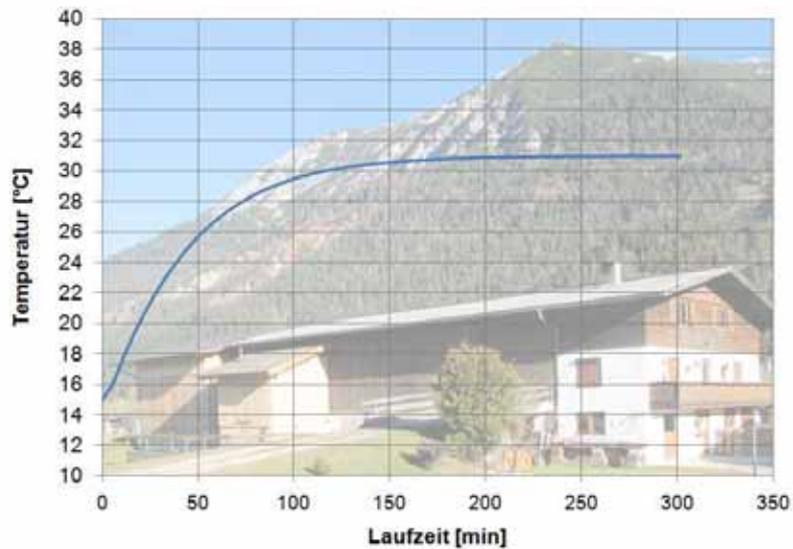


Im Umluftbetrieb stellt sich ein Gleichgewicht zwischen der Wärmeerzeugung des Entfeuchters und jener Wärme ein, die zum Verdunsten des Wassers benötigt wird (zuzüglich des Gebäude-Wärmeverlustes).

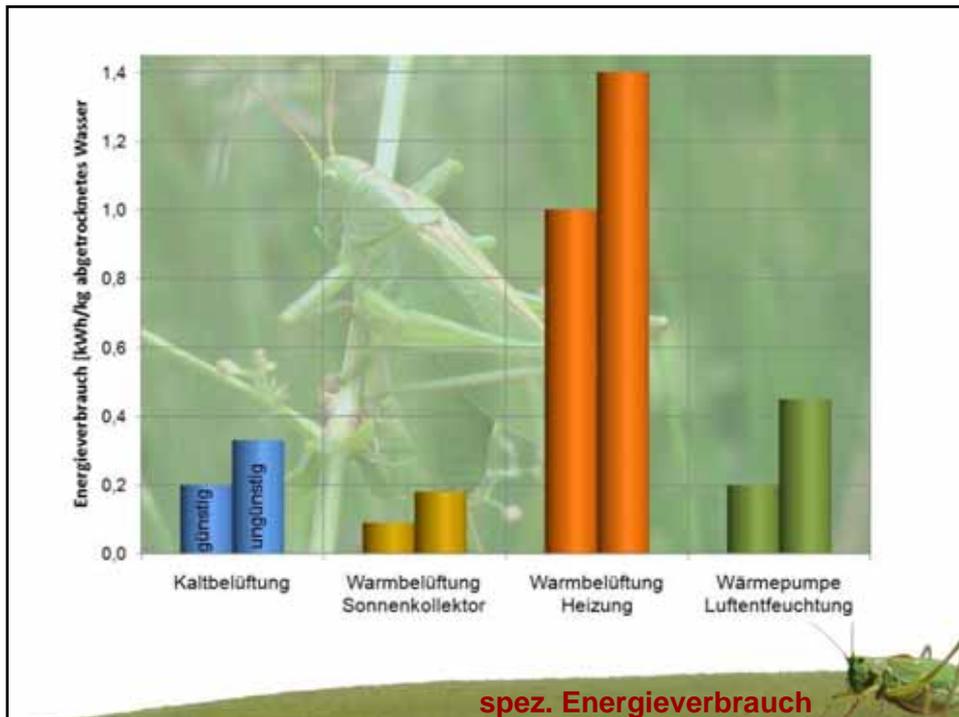
Ist die Entfeuchter-Wärme größer als die Verdunstungswärme einschließlich Gebäude-Wärmeverlust, so steigt die Temperatur der Trocknungsluft an. Das führt zu günstigen Betriebsbedingungen für den Entfeuchter.

Nachteil: Wasser kann überwiegend nur über den Entfeuchter abgeführt werden!

**Umluftbetrieb**



**Temperaturverlauf im Umluftbetrieb**

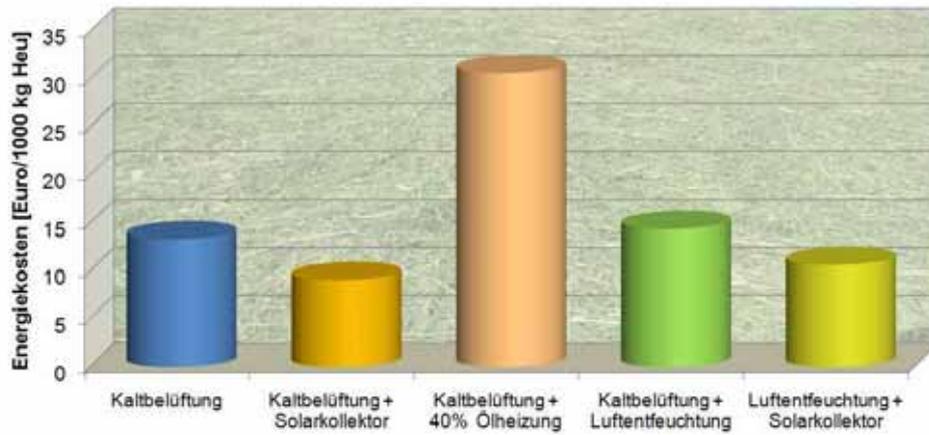


| Verfahren                                     | spezifischer Energiebedarf [kWh/kg Wasser] | Energiebedarf (63% auf 87% TM) [kWh/t Heu] |
|---|--|--|
| Kaltbelüftung                                 | 0,25                                       | 95 (75 bis 115)                            |
| Kaltbelüftung + Solarkollektor                | 0,17                                       | 65 (40 bis 90)                             |
| Kaltbelüftung + Entfeuchter                   | 0,27                                       | 105 (65 bis 130)                           |
| Solarkollektor + Entfeuchter                  | 0,20                                       | 90 (70 bis 120)                            |
| Kaltbelüftung + Heizofen (40 % Einschaltzeit) | 0,80                                       | 23 l Öl + 75 kWh                           |

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

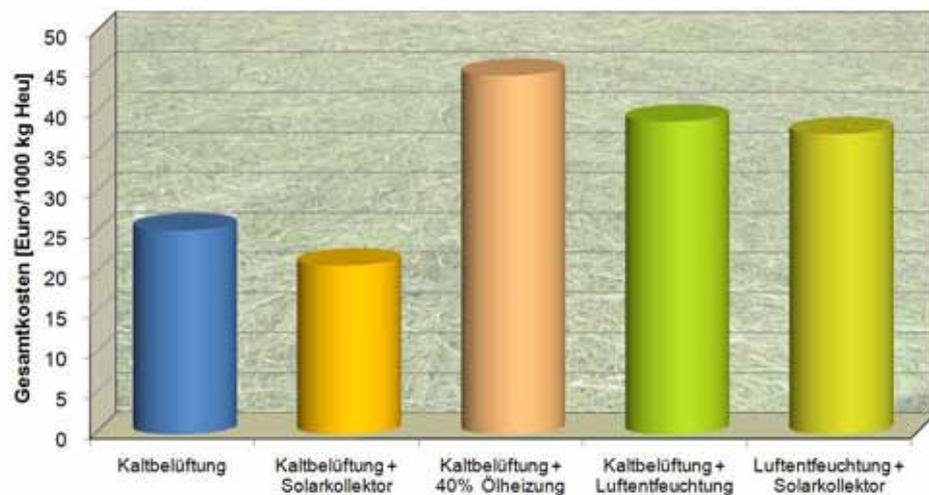
Energiebedarf

Berechnungsbasis: Trocknung von 37% auf 13% Wassergehalt



Preisbasis: Jänner 2011

**Energiekosten**



Aktualisiert: Jänner 2011

Gebäudekosten und Kosten der Heuwerbung sind hier nicht berücksichtigt  
Berechnungsbasis für Trocknung von 37% auf 13% Wassergehalt

**Verfahrenskosten**

## Kostenvergleich Heuwerbung/Gärfutterbereitung (Hubert Herzog LWK Salzburg)

Basis: Betrieb mit 35 ha Grünland (davon 15 ha Weide und 20 ha für Heuwerbung) und 40  
Milchkühen

**Gesamtkosten pro Jahr unter Berücksichtigung der Förderung und Mehrverzehr durch Heu:**

| Heuvariante       |                       | Fahrsilo                    |                       | Rundballensilage            |                       |
|-------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Heuhallen-<br>bau | Heuhalle<br>vorhanden | Winterfütterung<br>200 Tage | Ganzjahres-<br>silage | Winterfütterung<br>200 Tage | Ganzjahres-<br>silage |
| 40.802 €          | 26.706 €              | 31.400 €                    | 29.264 €              | 33.441 €                    | 34.208 €              |

### Ergebnis:

Die Heuwirtschaft verursacht aufgrund des hohen Investitionsbedarfes (Fixkosten) deutlich höhere Gesamtkosten als die Silowirtschaft.

Berücksichtigt man jedoch die Zuschläge für die Heuwirtschaft (Förderung, Heumilchzuschlag), so ist die Heuvariante ohne Neubau der Halle allen anderen Varianten überlegen.

Bei der Silowirtschaft ist bei der Verfütterung von Ganzjahressilage der Fahrsilo der Rundballensilage deutlich überlegen. Die Ganzjahressilage mit Rundballen übersteigt unter Berücksichtigung der Zuschläge für die Heuwirtschaft sogar die Kosten der Heuvariante mit Hallenneubau.

Heu oder Silage?

## Förderungen

z.B. im Land Salzburg:

- **Investitionsförderung der Salzburger Landesregierung**  
derzeit anrechenbare Gesamtkosten je ha RLN:  
300 € für Ventilator  
1.200 € für Wärmepumpe  
Fördersatz gegen Rechnungslegung 10%, ab 2007 15%
- **Förderzuschuss der „Salzburg-AG.“** für den Anschlusswert von Wärmepumpen: 200 €/kW für die ersten 15 kW Anschlussleistung

## Spezialtarife für elektrische Energie

Je nach EVU verschieden.

Während der Sommermonate gültig für Ventilator + Wärmepumpe.

Tarif ist gestaffelt je nach Abnahmemenge (etwa zwischen 9 bis 14 Cent/kWh).

Förderungen



Motto für eine erfolgreiche  
Zukunft:

M. Horx: „Heraus aus der toten Mitte!“



Bild: Fam. Steiner

Änderung des Luftzustands bei Entfeuchtung

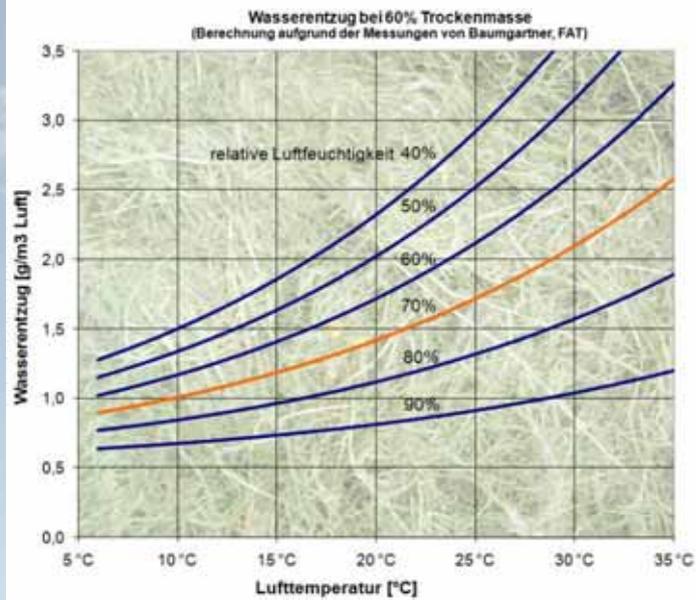
|                      |         |                     |                        |
|----------------------|---------|---------------------|------------------------|
| TM-Gehalt des Heus:  | 62,0 %  | alte Luftfeuchte:   | 23,37 g/m <sup>3</sup> |
| Ausgangslufttemp.:   | 30,0 °C | Taupunkt erreicht:  | ja                     |
| Ausgangsluftfeuchte: | 77 %    | Trockn. Luft Temp.: | 26,64 °C               |

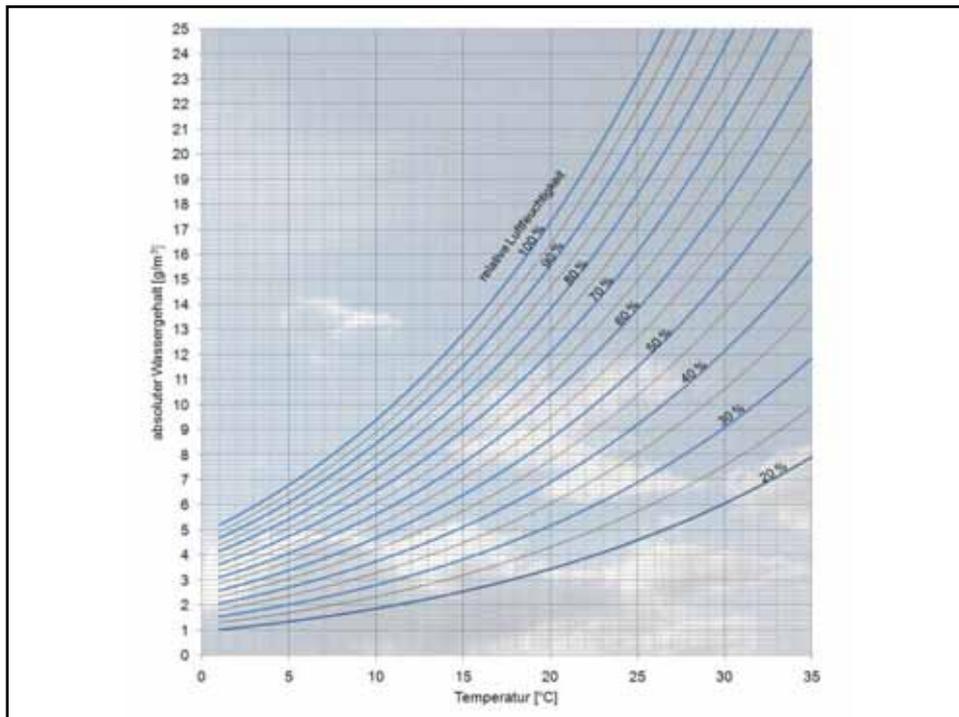
  

| Kompr.-L. [kW] | Vol.-Strom [m <sup>3</sup> /h] | Heizleistg. [kW] | Anwärmung [°C] | Entfeucht-Leistg. [kg/h] | rel. F. Luft [%] | tr. Wasseraufn. [g/m <sup>3</sup> Luft] | tats. Wasseraufn. [g/m <sup>3</sup> Luft] | Taupunkt [°C] |
|----------------|--------------------------------|------------------|----------------|--------------------------|------------------|---|---|---------------|
| 15             | 38.000                         | 80,7             | 6,6            | 54,4                     | 51               | 3,1                                     | 25,5                                      |               |

Wasseraufnahme ohne volumetrischen Wirkungsgrad

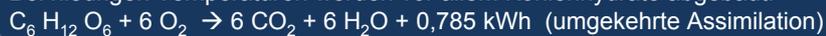
Berechnungsprogramm – Details zur Luftentfeuchtung





**Feuchtes Heu erwärmt sich selbst, es kann sogar zur Selbstentzündung kommen.** Dabei wird Sauerstoff verbraucht, Kohlendioxid und Wasser entsteht. Bakterien und Pilze spielen dabei eine wesentliche Rolle.

Bei niedrigen Temperaturen werden vor allem Kohlenhydrate abgebaut:

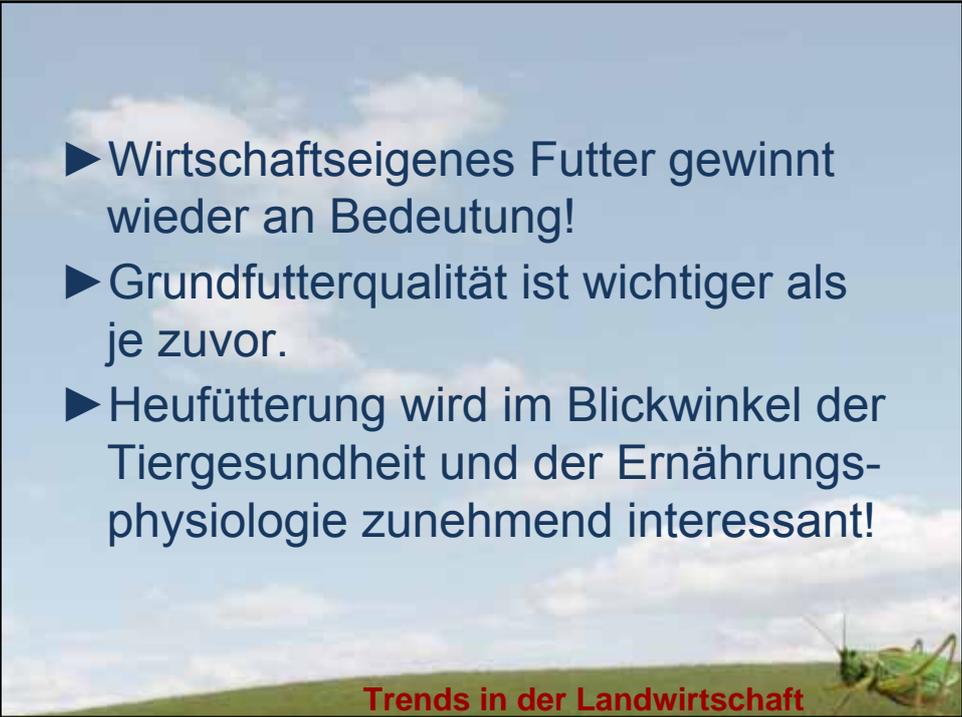


1 Gramm-Mol Zucker (= 180 g) bringt beim Veratmen demnach 0,785 kWh Energie, daneben entsteht 600 g Wasser („Schwitzen“). Durch das Schwitzen des Heus tritt in der Folge auch eine vermehrte Bakterientätigkeit ein. Weil das entstehende Wasser später verdunstet werden muss, ist der tatsächliche Energiegewinn 0,785 kWh abzüglich der Verdampfungswärme von 600 g Wasser ( $0,6 \cdot 0,63 \text{ kWh/kg} = 0,378 \text{ kWh}$ ), also  $0,785 - 0,378 = 0,41 \text{ kWh}$ . Umgerechnet auf 1 kg verbrauchten Zucker entspricht das  $1000 \cdot 0,41 / 180 = 2,28 \text{ kWh}$ .

Zur Verdunstung von 1 kg Wasser braucht man 0,63 kWh, das entspricht damit  $0,63 / 2,28 = 0,28 \text{ kg}$  Zucker. Dies ist einem gleichgroßen Betrag in kg Stärkewert gleichzusetzen. Bei Heu mit 500 g Stärkewert/kg entspricht das einer Menge von etwa  $\frac{1}{2}$  kg Heu. 0,63 kWh verbrauchen demnach den Stärkewert von  $\frac{1}{2}$  kg Heu. Bei Heupreis von 8 Cent/kg entspricht das **4 Cent**. Bei einem Strompreis von 0,19 Cent/kWh wäre bei Einsatz von Elektroenergie zum Verdunsten von 1 kg Wasser nur **0,12 Cent** erforderlich.

**Nährstoffverlust durch Wärme**



- 
- ▶ Wirtschaftseigenes Futter gewinnt wieder an Bedeutung!
  - ▶ Grundfutterqualität ist wichtiger als je zuvor.
  - ▶ Heufütterung wird im Blickwinkel der Tiergesundheit und der Ernährungsphysiologie zunehmend interessant!

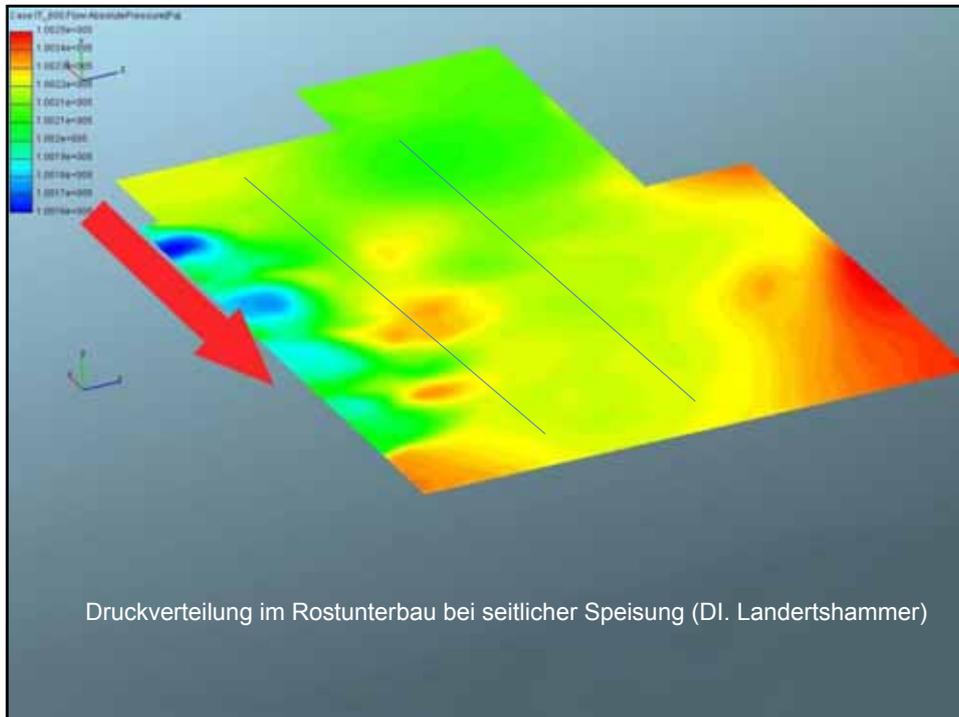
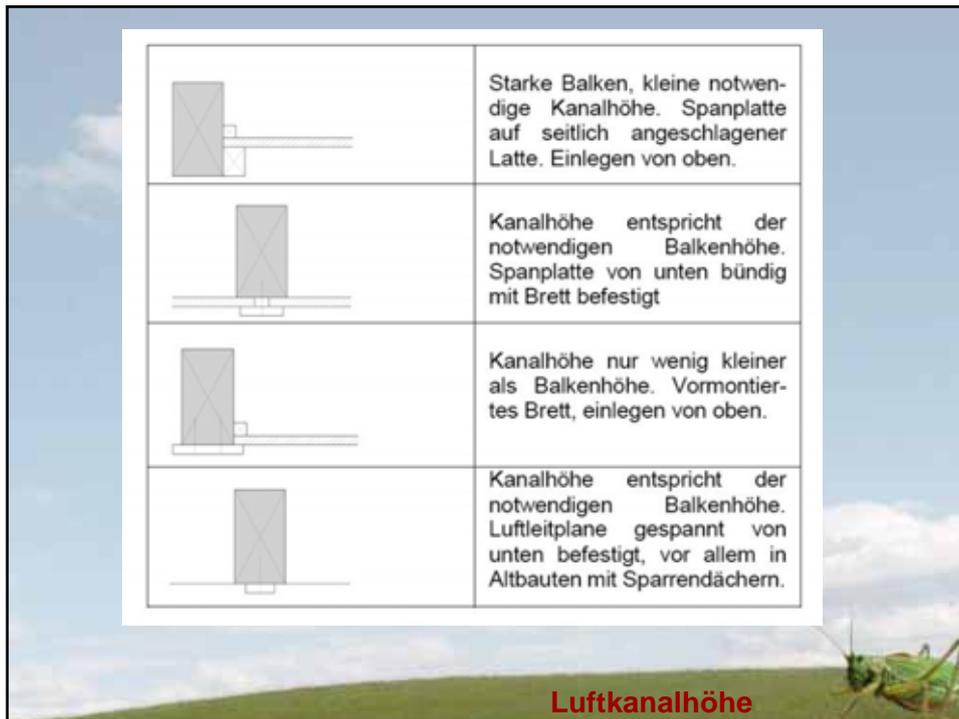
**Trends in der Landwirtschaft**

### **Die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft bestimmt die Trocknungsgeschwindigkeit**

theoretische Werte (z.B.  $17,3 \text{ g/m}^3$  Luft bei  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) treffen nicht zu!

Durch den Entzug der Verdunstungswärme kühlt sich nämlich die Luft während der Trocknung ab. Anstelle des theoretischen Sättigungsdefizits gilt also nur das geringere „adiabatische“ Sättigungsdefizit. Bei Kaltbelüftung liegt dieser praktische Wert bei  $0,8$  bis  $1,2 \text{ g/m}^3$  Luft.

**Wasseraufnahme der Luft**



- Trocknungszeit möglichst unter 70 bis 80 Stunden halten – nie über 4 Tage
- die relative Feuchtigkeit der Trocknungsluft wegen Mikroorganismen möglichst unter 60% halten
- bis auf 12 bis 13% Wassergehalt trocknen
- auch bei Schlechtwetter Trocknung ermöglichen (Anwärmung, Entfeuchtung)
- Welkheu-Schichthöhe je Charge gering halten (z.B. 1,5 bis 2,5 m)
- Zusammensacken des Heustocks durch druckstabile Lüfter verhindern

**Heuqualität erhöhen**

