

# PLANUNGSHILFE

Heutrocknung | Boxentrocknung & Ballentrocknung

## Inhalt

<b>Allgemein</b>	3
------------------	---

## Ballentrocknung

1	Wie viele Ballen sollen getrocknet werden?	5
2	Wie ist die ideale Ballenanordnung? Welche Bauform passt?	5
3	Wie groß ist der ideale Durchmesser der Luftzuführöffnung (Ballenringdurchmesser)?	7
4	Wie viel Luftvolumenstrom wird benötigt?	7
5	Welcher statische Druck ist zu erwarten?	8
6	Welche Ventilatorleistung wird benötigt?	8
7	Wie kann / soll die Trocknungszeit verkürzt und bei schlechter Witterung getrocknet werden?	8

## Stocktrocknung

1	Wie groß muss / soll die Heubox bzw. Trocknungsbox sein? Wie groß die gesamte Boxenfläche?	12
2	Welcher Luftvolumenstrom wird benötigt?	13
3	Welcher statische Druck ist zu erwarten?	13
4	Welche Ventilatorleistung wird benötigt?	14
5	Welche Rosthöhe, welche Breite der Randabdeckung und welcher Ansaugkanalquerschnitt wird benötigt?	15
6	Wie kann / soll die Trocknungszeit verkürzt und bei schlechter Witterung getrocknet werden?	16

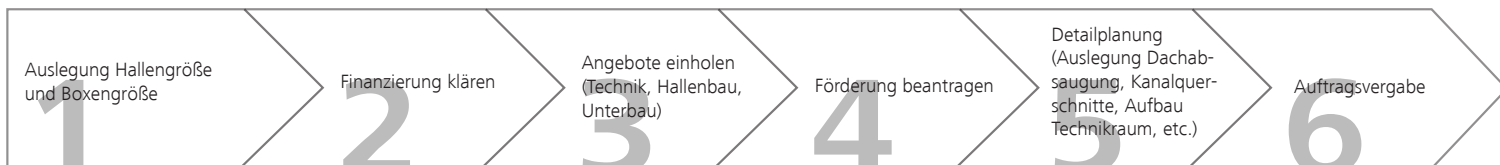
## Allgemein

### Warum Heutrocknung?

Durch eine effiziente Heutrocknung wird eine hohe Futterqualität erreicht, mit der hervorragende Grundfutterleistungen erzielt werden können. Je höher die Grundfutterleistung, desto höher ist der Gewinn pro Kuh. Durch die hohe Futterqualität, die fast die Qualität von Trockengrün erreicht, wird mit einer Heutrocknung hochwertiges Eiweißfutter regional erzeugt.

### Was muss ich bei der Planung einer Heutrocknungsanlage beachten?

#### Organisatorisch



#### Technik

Überlegen Sie sich im Vorfeld, welche Heutrocknungsvariante (Ballentrocknung oder Boxentrocknung) für Ihren Betrieb geeignet ist. Anschließend ist es wichtig zu wissen, welche Heumenge getrocknet werden muss, wieviel Platz zur Verfügung steht und welche baulichen Maßnahmen durchzuführen sind. Unsere Planungshilfe hilft Ihnen dabei hoffentlich weiter.

### Welche Heutrocknungsvariante passt für meinen Betrieb?

	Ballentrocknung	Boxentrocknung
<b>Verfügbare Arbeitskräfte</b>	Wenige Arbeitskräfte benötigt. Theoretisch ist eine Person ausreichend (Pressen durch Lohnunternehmer). Im Winter ist zu beachten, dass der Arbeitsaufwand ohne Ballenabwickler deutlich erhöht ist.	Mehr Arbeitskräfte benötigt, da eine Erntekette (Schwaden, Laden, Einlagern mit Kran) notwendig ist. Je nach Schlagkraft der Erntekette werden mindestens 2 Personen benötigt, bei gleichzeitigem Schwaden, laden und einlagern 3 Personen oder mehr.
<b>Lagerraum</b>	20% bis 50% weniger Lagerbedarf [1]	
<b>Investition</b>	Weniger Investitionskosten aufgrund niedrigem Platzbedarf und Wegfallen der Trocknungsboxen	
<b>Schlagkraft</b>	Deutlich geringer, da die Anzahl der Trocknungsplätze begrenzt ist.	Schlagkraft deutlich höher, da eine Intervallbelüftung von zwei oder mehreren Heuboxen realisiert werden kann.

<p><b>Anlagen- bedienung</b></p>	<p>Das Pressen der Ballen ist der entscheidende Faktor für einen reibungslosen Trocknungsvorgang. Gegenüber der weit verbreiteten Meinung, es können nur sehr locker gepresste Ballen getrocknet werden, wurden in der Praxis mit festen Ballen sehr gute Trocknungserfolge erzielt.</p> <p>Neben modernster Steuerungstechnik ist die visuelle Kontrolle, beispielsweise mit einer Wärmepbildkamera unerlässlich.</p>	<p>Das Beschicken der Trocknungsbox ist der entscheidende Faktor. Weit verbreitet ist die Bergung mittels Krananlage. Der Bediener muss sehr darauf achten, das Heu gleichmäßig in der Box zu verteilen. Eine Zange sollte nicht punktuell sondern flächig abgeladen werden. Ebenso ist darauf zu achten, dass im Randbereich das Heu gleichmäßig und wenn möglich nach außen zur Boxenwand fallend eingelagert wird. Dies wird dadurch erreicht, dass beim Einlagern am Rand je Schicht vorerst eine Zangenbreite freigelassen und bevor man die nächste Schicht aufträgt, diese befüllt wird. Dadurch kippt das Heu automatisch nach außen zur Wand, wodurch ein entweichen der Trocknungsluft an der Wand stark reduziert werden kann.</p> <p>Neben modernster Steuerungstechnik ist die visuelle Kontrolle, beispielsweise mit einer Wärmepbildkamera unerlässlich.</p>
--------------------------------------	--	---

## Ballentrocknung

### 1 Wie viele Ballen sollen getrocknet werden?

Durchmesser [m]	Trockensubstanz [kg]	Ballengewicht [kg] bei Trockensubstanzgehalt von					Ballen in ha
		87%	80%	75%	70%	65%	
1,2	176	203	221	235	252	271	12
1,3	207	238	259	276	296	319	11
1,4	240	276	300	320	343	369	9
1,5	276	317	345	368	394	424	8
1,6	314	361	392	418	448	483	7
1,7	354	407	443	472	506	545	6
1,8	397	456	496	529	567	611	5

[2]

Die oben stehende Tabelle gibt jeweils die Ballenanzahl und die Ballengewichte bei einer Ballendichte von 130 kg/m<sup>3</sup> und einem Heurtrag von 2.500 kg/ha bzw. 87% TS von 2.175 kg TS/ha an.

#### Beispiel

5 ha mit 2.175 kg TS/ha und 1,3 m Ballendurchmesser ergeben 11 Ballen je Hektar, das heißt bei 5 ha sind ca. 55 Ballen zu erwarten.

### 2 Wie ist die ideale Ballenanordnung? Welche Bauform passt?

Bevor die Anordnung der Ballen geplant wird, sollte abgeklärt sein, ob die Ballentrocknung in einen Alt- oder Neubau installiert wird. Bei einem Altbau kann die Wahl der Anordnung begrenzt sein, bei einem Neubau stehen hingegen alle Möglichkeiten zur Auswahl.

Die Ballen können übereinander, aufeinander, nebeneinander oder kombiniert zur Trocknung angeordnet werden. Es sollten max. 18-20 Ballen pro Kanallänge mit ca. 30 cm Abstand von Ballen zu Ballen geplant werden [2], da bei längeren Kanälen diese groß gebaut werden müssen, damit ein Druckausgleich stattfinden kann, bzw. damit überall im Kanal der gleiche Druck herrscht und die Ballen gleichmäßig trocknen. Ein besonderes Augenmerk sollte auf die Beschickung und Entnahme der Ballen gelegt werden. Diese muss und sollte gut/leicht mechanisierbar sein, Hoflader oder Teleskoplader in Kombination mit einer Ballenzange sind dafür sehr gut geeignet.

<p><b>Untenbelüftung</b>  <i>Vorteile:</i> gute Luftverteilung und wenig Druckverlust durch einen großen Luftkanal, mehr Schlagkraft  <i>Nachteile:</i> wenn zwei Ballen übereinander angeordnet werden, müssen für eine gleichmäßige und schnelle Trocknung die Ballen gedreht/getauscht werden</p>	<p><b>Betonkanal</b>  <i>Vorteile:</i> massive Bauweise, kann mit Maschinen befahren werden, kann evtl. selbst ausgeführt werden  <i>Nachteile:</i> aufwendig im Bau, viele runde Öffnungen müssen geschalt werden, teuer</p>
	<p><b>Blechkanal</b>  <i>Vorteile:</i> können fertig gekauft werden, schnelle Installation  <i>Nachteile:</i> ohne Wärmedämmung enorme Wärmeverluste, kann nicht selbst ausgeführt werden</p>
	<p><b>Holzkanal</b>  <i>Vorteile:</i> einfach realisierbar, kostengünstiger als Beton, kann selbst ausgeführt werden  <i>Nachteile:</i> muss Massiv gebaut werden um mit Maschinen zu befahren, Kanal muss/sollte abgedichtet werden</p>
<p><b>Belüftung mit Zwischenringen / Obenbelüftung</b>  <i>Vorteile:</i> gleichmäßige Trocknung (zwei Ballen aufeinander mit Ring dazwischen)  <i>Nachteile:</i> aufwendigere Beschickung, dadurch weniger Schlagkraft</p>	<p><b>Flexschlauch (ab Ventilator)</b>  <i>Vorteile:</i> kein baulicher Aufwand, kann mobil ausgeführt werden, wenig Platzbedarf außerhalb der Heusaison  <i>Nachteile:</i> hohe Wärmeverluste bei schlecht isolierten Schläuchen, evtl. hohe Druckverluste</p>
	<p><b>fixer Hauptkanal und Flexschlauch</b>  <i>Vorteile:</i> weniger Wärmeverluste bei isoliertem Hauptkanal, weniger Druckverluste bei richtig ausgelegtem Hauptkanal  <i>Nachteile:</i> hohe Wärmeverluste bei schlecht isolierten Schläuchen</p>

>> Eine Kombination aus Oben- und Untenbelüftung ist ebenfalls möglich.

**3 Wie groß ist der ideale Durchmesser der Luftzuführöffnung (Ballenringdurchmesser)?**

Faustregeln:

>> Ringdurchmesser = 0,76 x Ballendurchmesser

oder

>> Ringdurchmesser = Ballendurchmesser – 40 cm

- Ein Blechring von ca. 14 cm Höhe verhindert seitlichen Luftaustritt, der Blechring ragt in den Ballen hinein.
- Bei zu kleinen Ballenlöchern sollten Adapterringe verwendet werden.
- Der Blechring sollte ab 1,2 m Durchmesser mit einer Querstrebe auf halber Ringhöhe verstärkt werden, ab 1,4 m ist eine Kreuzstrebe auf halber Ringhöhe zu empfehlen.

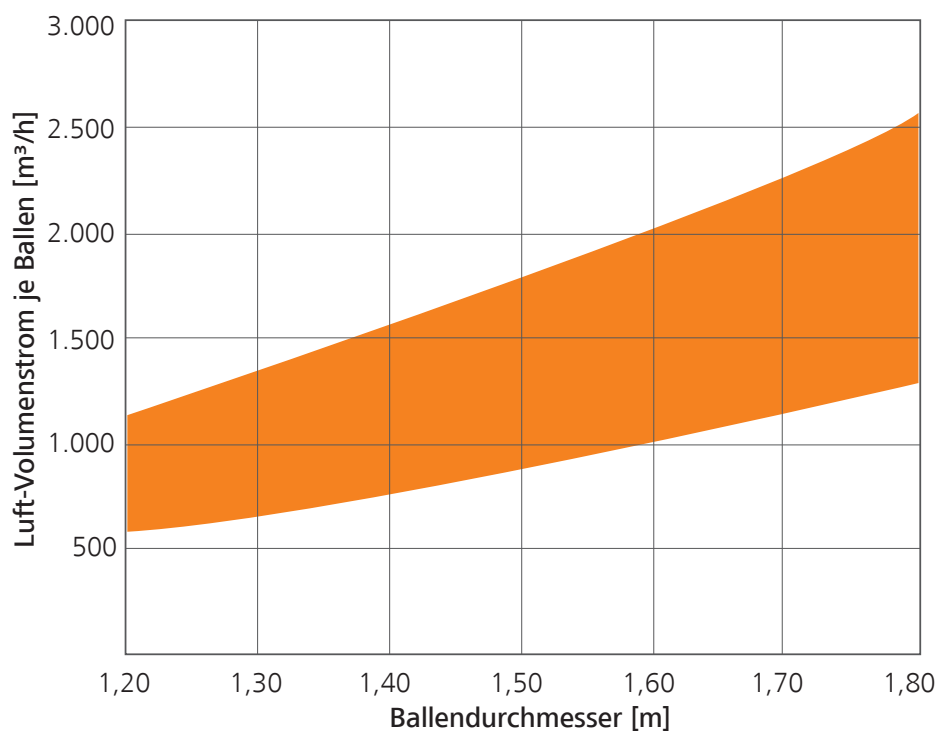
**Beispiel**

Es sollen Ballen mit 1,3 m Durchmesser getrocknet werden.

$0,76 \times 1,3 \text{ m} = 0,99 \text{ m}$  Ringdurchmesser

$1,3 \text{ m} - 0,4 \text{ m} = 0,9 \text{ m}$  Ringdurchmesser

**4 Wie viel Luftvolumenstrom wird benötigt?**



*Empfohlener Luft-Volumenstrom (orangener Bereich) je nach Ballendurchmesser. [2]*

Beispiel:

Es sollen 55 Ballen mit 1,3 m Durchmesser getrocknet werden.

- Aus dem Diagramm wird bei 1,3 m Ballendurchmesser ca. 600-1.300 m<sup>3</sup>/h je Ballen abgelesen.
- Bei 55 Ballen werden folglich 33.000-71.500 m<sup>3</sup>/h Luft-Volumenstrom benötigt.

### 5 Welcher statische Druck ist zu erwarten?

Der zu erwartende statische Druck beträgt je nach Ballendichte, Material und Materialfeuchte 800-1.600 Pa [4]. Dazu sollte für einen Sonnenkollektor (Dachabsaugung) 75-120 Pa, für einen Entfeuchter 150-400 Pa, für einen Wärmetauscher 50-80 Pa sowie zur Sicherheit ein Druckverlust von 200 Pa eingerechnet werden. Eine mögliche Auslegung des Ventilators kann über die Mittelwerte der benötigten Luftmenge und des zu erwartenden Drucks geschehen.

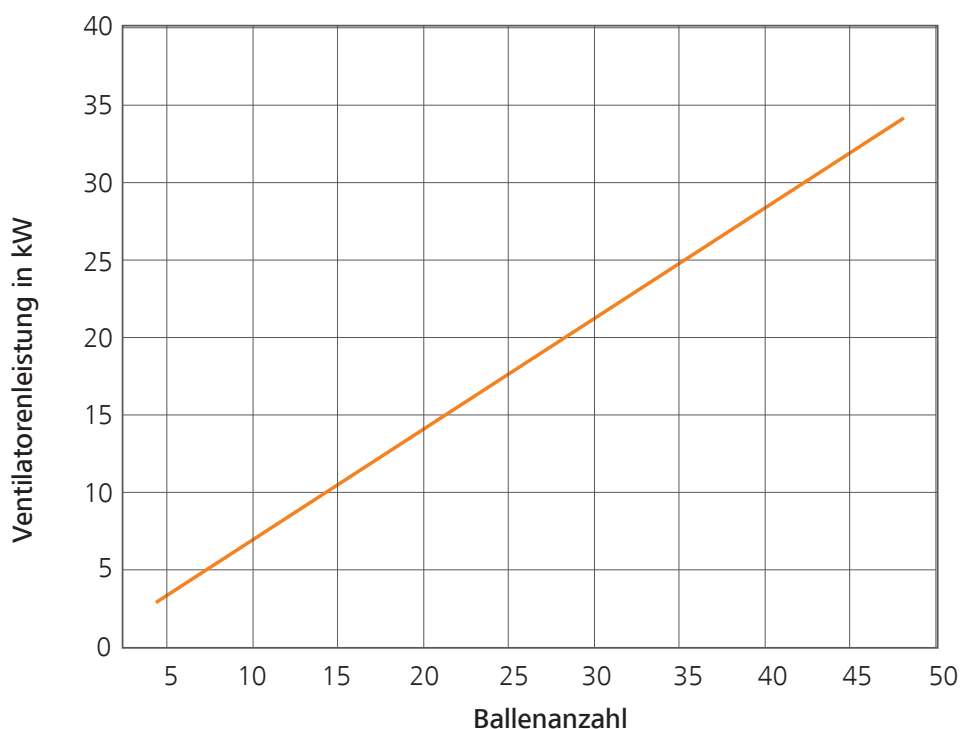
- Mittelwert der benötigten Luftmenge: 600-1.300 m<sup>3</sup>/h, d.h. 1.000 m<sup>3</sup>/h je Ballen
- Mittelwert des zu erwartenden Druckes: 800-1600 Pa, d.h. 1200 Pa

#### Beispiel

55 Ballen × 1.000 m<sup>3</sup>/h je Ballen = 55.000 m<sup>3</sup>/h bei 1.200 Pa

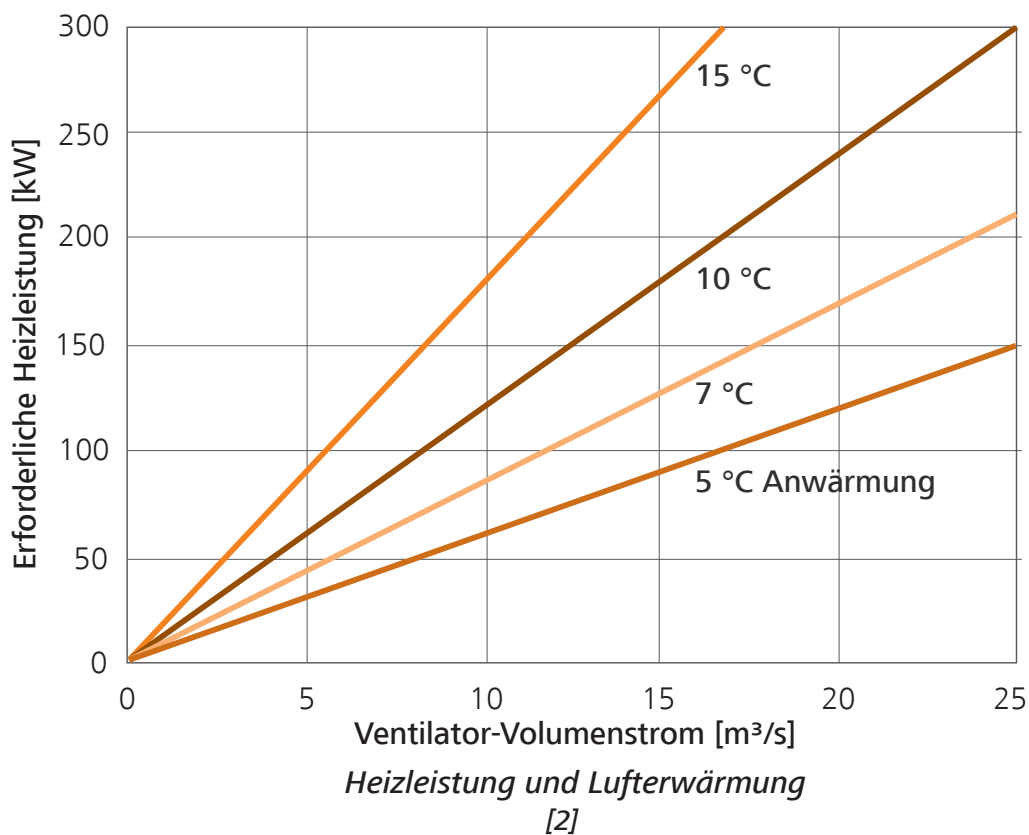
**Achtung: Werden höhere Pressdichten gefahren, muss ein höherer Druck berücksichtigt werden, eventuell mit dem maximal zu erwartenden Druck von 1.600 Pa rechnen!!**

### 6 Welche Ventilatorleistung wird benötigt?



**7 Wie kann / soll die Trocknungszeit verkürzt und bei schlechter Witterung getrocknet werden?**

Grundsätzlich sollte, um die Trocknungszeit zu verkürzen, eine Dachabsaugung installiert werden, welche die kostenlose Sonnenenergie zur Luftanwärmung nutzt. Zur weiteren Luftanwärmung können Luftheizungen mit fossilen oder regenerativen Energieträgern, Abwärme von einer Biogasanlage und / oder eine Wärmepumpe zur Luftentfeuchtung und anschließenden Luftanwärmung eingesetzt werden. Da das Verbrennen von fossilen Energieträgern äußerst klimaschädlich ist, sollte auf diese wenn möglich verzichtet werden.



Faustregel

Je 10 m³/s Luft-Volumenstrom werden für 1 °C Anwärmung 12,5 kW Heizleistung benötigt;

Je 1 m³/s für 1 °C Anwärmung 1,25 kW

**Beispiel**

Ein Luftvolumenstrom von 55.000 m³/h = 15,28 m³/s soll um 10 °C angewärmt werden.

$$15,28 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,25 \text{ kW} / (\text{m}^3/\text{s} \times \text{°C}) \times 10 \text{ °C} = 191 \text{ kW Heizleistung}$$

## Dachabsaugung

Für eine Dachabsaugung sollte eine Dachkollektorfläche von doppelter bis dreifacher belüfteter Fläche [4] vorhanden sein. Ist weniger Platz vorhanden oder soll die Dachabsaugung auch bei wechselhafter Witterung die Trocknungsluft ausreichend erwärmen, können sogenannte Solarluftkollektoren eingesetzt werden, die bis zu 700 W/m<sup>2</sup> Wärmeleistung besitzen. Bei einem normalen Dach kann mit 250-300 W/m<sup>2</sup> gerechnet werden, wobei noch der Wirkungsgrad berücksichtigt werden muss. Dunkle Dächer (Faserzement, Profilblech und Photovoltaik-Panels) haben Wirkungsgrade von bis zu 50%, Ziegeldächer erreichen bis zu 37%.

Bei der Auslegung der Dachabsaugung ist der entscheidende Faktor die Luftgeschwindigkeit unter dem Dach. Diese sollte im Bereich von 3 - 6,5 m/s [4] liegen wodurch im Kanal eine turbulente Strömung entsteht, die für eine gute Wärmeabfuhr vom Dach sorgt. Eine zu geringe Geschwindigkeit hat eine weniger starke Anwärmung der Außenluft zur Folge, da sich direkt unter dem Dach ein Luftpolster bildet. Dieses wirkt isolierend und entsteht da meist nur im unteren Bereich des Kanals eine laminare Strömung vorhanden ist. Des Weiteren sind lange Kollektorflächen im Verhältnis zu Saugbreite zu vermeiden. [4] Bei der genauen Auslegung der Dachabsaugung durch den Hersteller der Trocknungsanlage wird die Dachrichtung und Dachneigung berücksichtigt.

Interessant ist die Kombination einer Photovoltaikanlage mit einer Dachabsaugung. Durch die Kühlung der Solarmodule um je 1°C kann der Wirkungsgrad um fast 0,5% erhöht werden. [4] Allerdings ist darauf zu achten, dass während der Stillstandszeit der Heutrocknung die Solarmodule natürlich oder mechanisch hinterlüftet werden.

## Entfeuchtung

Für die grobe Abschätzung der Kompressorleistung des Entfeuchters wird mit der benötigten Lüfterleistung des Ventilators gearbeitet. Eine genauere Auslegung wird über die benötigte Entfeuchtungsleistung oder die benötigte Heizleistung vom Hersteller des Entfeuchters durchgeführt.

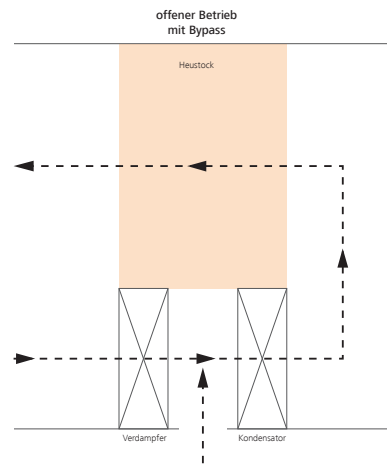
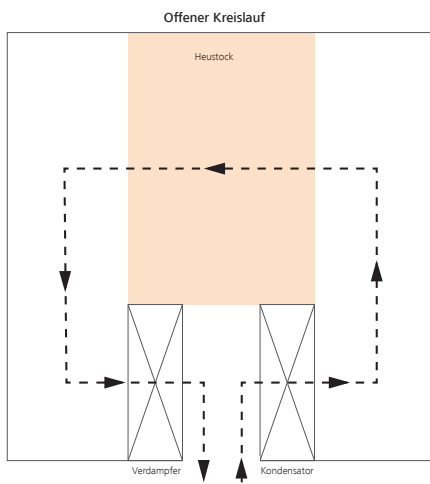
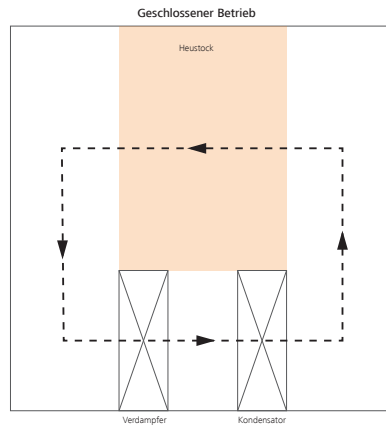
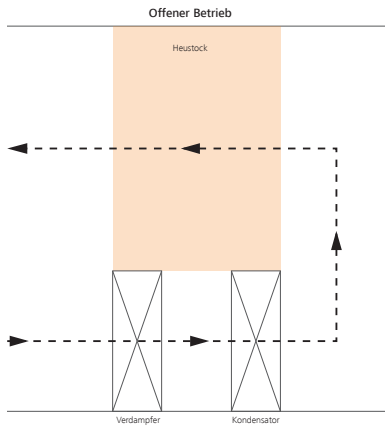
Bei einer Heutrocknung mit Entfeuchter sind mehrere Betriebsarten möglich, diese müssen aber vor der Installation der Trocknungsanlage festgelegt werden, da daraus erforderliche Baumaßnahmen resultieren.

- dauerhafter Umluftbetriebe (kein Dachabsaugungsbetrieb möglich!) : Verhältnis Kompressorleistung zu Ventilatorleistung  
**von 2:1**
- normaler Umluftbetrieb (Dachabsaugungsbetrieb möglich!) : Verhältnis Kompressorleistung zu Ventilatorleistung  
**von 1:1**

## Beispiel

Die benötigte Ventilatorleistung beträgt 31,4 kW.

2:1: 62,8 kW Kompressorleistung zu 31,4 kW Ventilatorleistung  
1:1: 31,4 kW Kompressorleistung zu 31,4 kW Ventilatorleistung



## Stocktrocknung

### 1 Wie groß muss/soll die Heubox bzw. Trocknungsbox sein? Wie groß die gesamte Boxenfläche?

Zweckmäßig sollte eine Trocknungsbox einen ganzen Schnitt des Betriebes fassen, der erste Schnitt ist kritisch. Die max. Füllhöhe einer Trocknungsbox sollte 6 m betragen, bei höheren Füllhöhen wird durch den höheren Druckverlust die Trocknung unwirtschaftlich, da der Ventilator einen höheren Druck überwinden muss.

Mähfläche (bei 2 bis 3 Chargen je Schnitt) [ha]	empfohlene Boxen- fläche [m <sup>2</sup> ]	Ventilator-Volumenstrom bei halber Stock- höhe [m <sup>3</sup> /h]	Querschnitt Saug- kanal [m <sup>2</sup> ]	Boxenraum 1. Schnitt ab [m <sup>3</sup> ]	lichte Rosthöhe [cm]	Abdeck-breite Rost [cm]
6 - 8	40	15.840	1,10	252	41	49
7 - 10	50	19.800	1,38	312	43	51
8 - 12	60	23.760	1,65	373	44	53
10 - 14	70	27.720	1,93	433	46	54
11 - 16	80	31.680	2,20	493	47	56
12 - 18	90	35.640	2,48	554	49	58
14 - 20	100	39.600	2,75	614	50	59
15 - 22	110	43.560	3,03	674	52	61
16 - 24	120	47.520	3,30	735	53	63
18 - 27	130	51.480	3,58	795	55	64
19 - 29	140	55.440	3,85	855	56	66
20 - 31	150	59.400	4,13	916	58	67
22 - 33	160	63.360	4,40	976	59	69
24 - 37	180	71.280	4,95	1.097	63	72
27 - 41	200	79.200	5,50	1.217	66	76
30 - 45	220	87.120	6,05	1.338	69	79
32 - 49	240	95.040	6,60	1.459	72	82
40 - 61	300	118.800	8,25	1.821	81	92

[5]

Grobe Faustregeln:

1. Gesamte Heustockfläche: 6-10 m<sup>2</sup>/GVE (je Großvieheinheit 6-10 m<sup>2</sup> Boxenfläche)
2. Je ha pro Trocknungscharge 14 - 24m<sup>2</sup>/ha Boxenfläche.

**Achtung: Mindestbeschickungshöhe von 2 m bis 2,5 m beachten, ansonsten sehr ungleichmäßige Trocknung!**

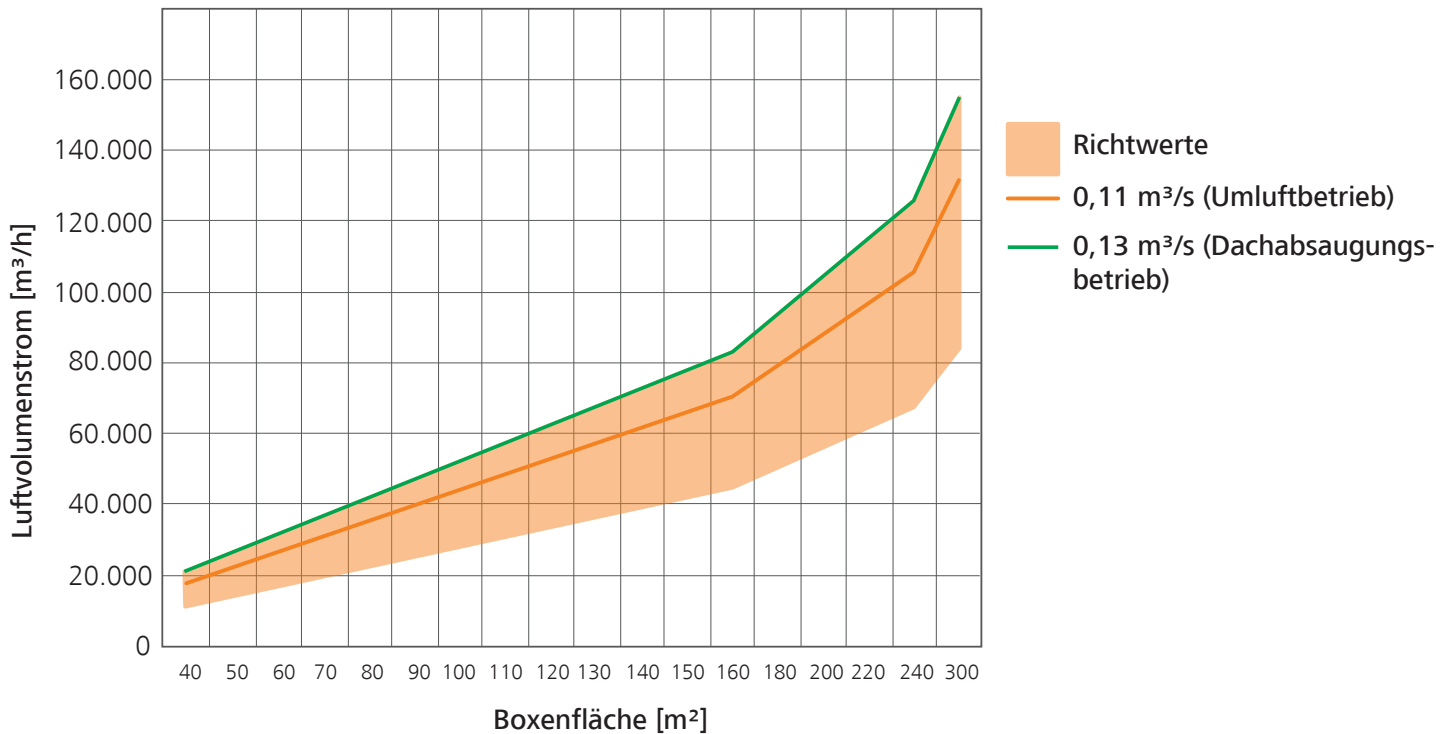
#### Beispiel

Ein Betrieb will für 45 GVE Heu erzeugen und je Schnitt 20 ha Mähfläche bei 2 bis 3 Chargen einbringen.

1. 45 GVE: 6-10 m<sup>2</sup> / GVE × 45 GVE = 270 - 450 m<sup>2</sup> gesamte Heustockfläche  
d.h. bei 6 m Füllhöhe 1.620 - 2.700 m<sup>3</sup> Lagerraum!

2. 15 - 22ha x 14-24 m<sup>2</sup>/ha = 210 - 528m<sup>2</sup>

aus Tabelle: z.B. 15-22 ha Mähfläche bei 2 bis 3 Chargen je Schnitt:  
Trocknungsbox mit 110 m<sup>2</sup> Fläche,



## 2 Welcher Luftvolumenstrom wird benötigt?

Richtwerte: 0,07-0,13 m<sup>3</sup> / (s × m<sup>2</sup>)  
d.h. (0,07-0,13 m<sup>3</sup>/s pro Quadratmeter Boxenfläche) [6]

## 3 Welcher statische Druck ist zu erwarten?

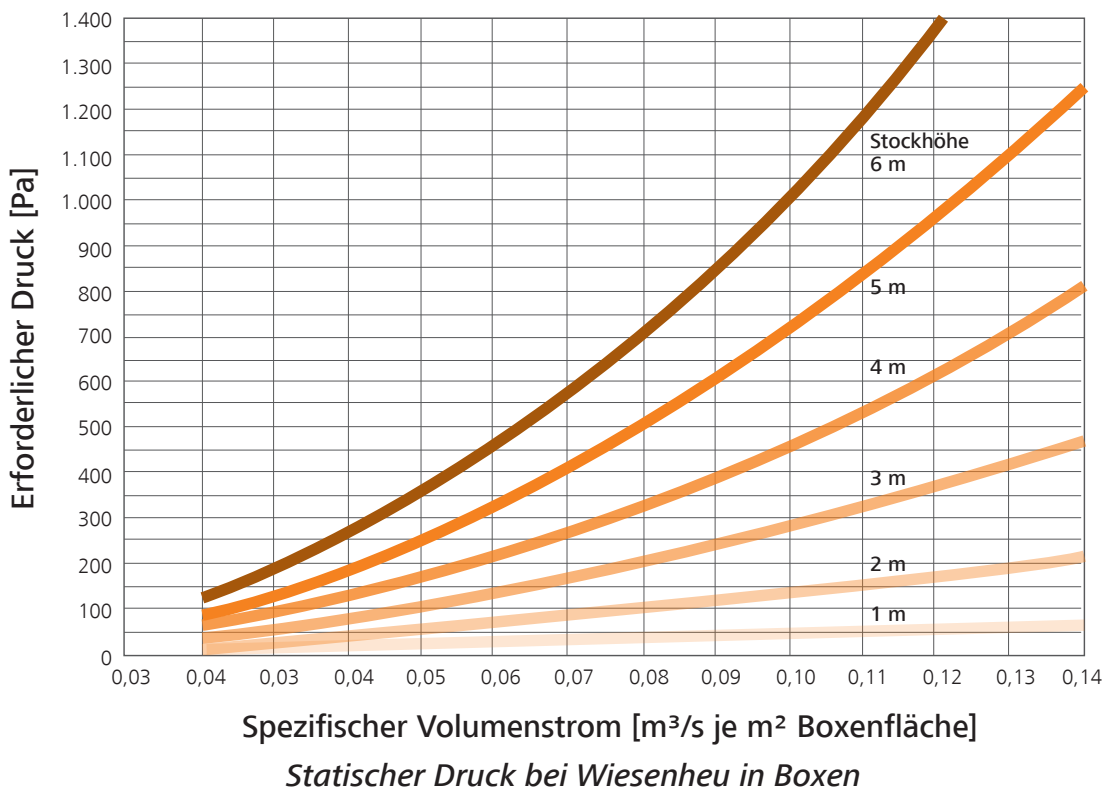
Im Mittel ist pro Meter Stockhöhe bei 0,11 m<sup>3</sup> / (s × m<sup>2</sup>) spezifischem Volumenstrom 100 - 240 Pa bzw. 1 - 2,4 mbar statischer Druck zu erwarten (grobe Auslegung). [4]

- Gräser-/ kräuterreiches Trockengut: 125 Pa/m bzw. 1,25 mbar/m
- Ausgewogenes Trockengut: 135 Pa/m bzw. 1,35 mbar/m
- Kleereiches Trockengut: 160 Pa/m bzw. 1,6 mbar/m

[5]

Da der statische Druck aber nicht linear, sondern quadratisch von der Stockhöhe und dem spezifischen Volumenstrom abhängt, kann für Wiesenheu für eine genauere Auslegung folgendes Diagramm verwendet werden.

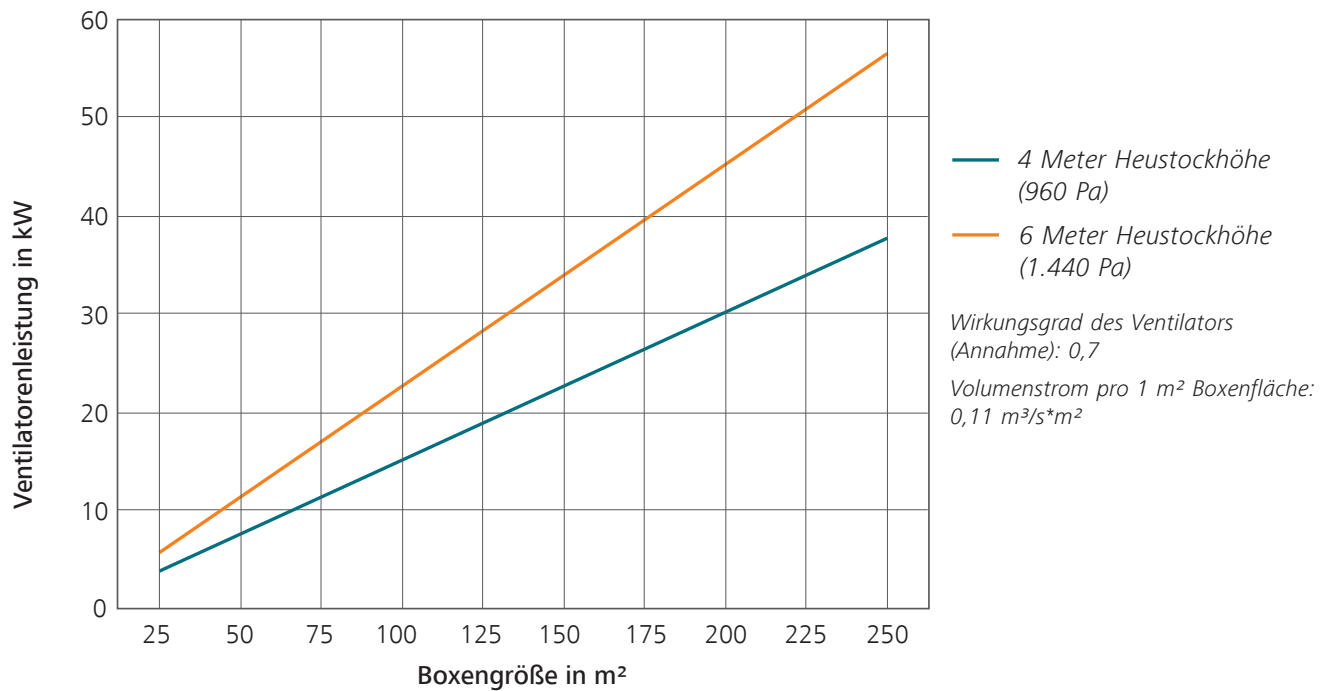
Dazu sollte für einen Sonnenkollektor (Dachabsaugung) 75-120 Pa, für einen Entfeuchter 150-400 Pa, für einen Wärmetauscher 50-80 Pa sowie zusätzlich zur Sicherheit ein Druckverlust von 200 Pa eingerechnet werden. [4] Wenn unterschiedliches Material (Wiesengras, Klee-gras, Luzerne, etc.) getrocknet werden soll, ist es sinnvoll die Sicherheit zu verdoppeln. Je nach Entfeuchterbauart wird im Dachabsaugungsbetrieb der Entfeuchter komplett umgangen oder ohne Nutzen durchströmt. Durch die Umgehung muss der Ventilator im Dachabsaugungs-betrieb weniger Druckverlust überwinden und benötigt somit weniger Energie als wenn der Entfeuchter mit durchströmt werden würde.



[4]

#### 4 Welche Ventilatorleistung wird benötigt?

Um die benötigte Ventilatorleistung abzuschätzen, wird aus dem benötigten Luftvolumenstrom und dem zu erwartenden Druck die Fluidleistung und mit einem angenommenen Ventilatorwirkungsgrad die benötigte Wellenleistung des Motors (Leistung auf dem Typenschild) berechnet.



### Beispiel:

Eine Heubox mit 110 m² soll mit 0,1 m³ / (s × m²) durchströmt werden und zur Trocknung maximal 6 m befüllt werden. Des Weiteren soll eine Dachabsaugung und ein Entfeuchter installiert werden.

### Luftvolumenstrom:

$$110 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m}^3 / (\text{s} \times \text{m}^2) = 11 \text{ m}^3 / \text{s} = 39.600 \text{ m}^3/\text{h}$$

### Statischer Druck:

Grob für ausgewogenes Trockengut:

6 m × 135 Pa/m	810 Pa
plus Dachabsaugung	+120 Pa
plus Entfeuchter	+200 Pa
plus Sicherheit	+200 Pa
<b>Gesamt</b>	<b>∑ 1.330 Pa</b>

Genauer aus Diagramm abgelesen: :

0,1 m³/(s×m²) bei 6 m	720Pa
plus Dachabsaugung	+120 Pa
plus Entfeuchter	+200 Pa
plus Sicherheit 1	+200 Pa
(plus Sicherheit 2)	(+200 Pa)
<b>Gesamt</b>	<b>∑ 1.240 Pa (1.440 Pa)</b>

### Ventilatorleistung:

Ventilatorwirkungsgrad ca. 0,7

$$P_w = \frac{(1.440 \text{ Pa} \times 11 \text{ m}^3/\text{s})}{0,7}$$

$$= 22629 \text{ W} = 22,6 \text{ kW}$$

## 5 Welche Rosthöhe, welche Breite der Randabdeckung und welcher Ansaugkanalquerschnitt wird benötigt?

Die Rosthöhe ist für den Druckausgleich unter dem Rost entscheidend und richtet sich daher nach der Größe der Trocknungsbox. Die Abdeckbreite des Rosts am Rand ist davon ebenfalls abhängig. Im Querschnitt des Ansaugkanals sollte die Luftgeschwindigkeit max. 4 m/s betragen. [5]

Mähfläche (bei 2 bis 3 Char- gen je Schnitt) [ha]	empfohlene Boxen- fläche [m <sup>2</sup> ]	Ventilator-Volu- menstrom bei halber Stockhöhe [m <sup>3</sup> /h]	Querschnitt Saugkanal [m <sup>2</sup> ]	Boxenraum 1. Schnitt ab [m <sup>3</sup> ]	lichte Rosthöhe [cm]	Abdeck-breite Rost [cm]
6 - 8	40	15.840	1,10	252	41	49
7 - 10	50	19.800	1,38	312	43	51
8 - 12	60	23.760	1,65	373	44	53
10 - 14	70	27.720	1,93	433	46	54
11 - 16	80	31.680	2,20	493	47	56
12 - 18	90	35.640	2,48	554	49	58
14 - 20	100	39.600	2,75	614	50	59
15 - 22	110	43.560	3,03	674	52	61
16 - 24	120	47.520	3,30	735	53	63
18 - 27	130	51.480	3,58	795	55	64
19 - 29	140	55.440	3,85	855	56	66
20 - 31	150	59.400	4,13	916	58	67
22 - 33	160	63.360	4,40	976	59	69
24 - 37	180	71.280	4,95	1.097	63	72
27 - 41	200	79.200	5,50	1.217	66	76
30 - 45	220	87.120	6,05	1.338	69	79
32 - 49	240	95.040	6,60	1.459	72	82
40 - 61	300	118.800	8,25	1.821	81	92

**Beispiel**

Eine Heubox mit 110 m<sup>2</sup> soll mit 39.600 m<sup>3</sup>/h = 11 m<sup>3</sup>/s belüftet werden.

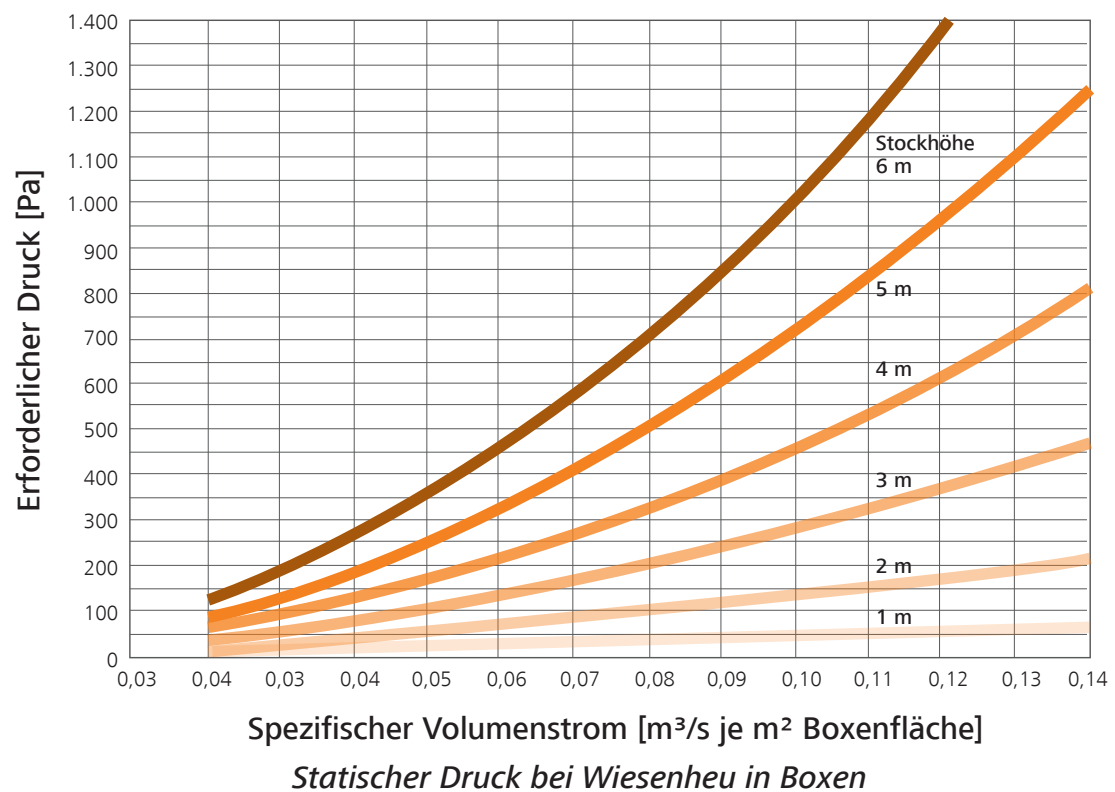
Rosthöhe aus Tabelle: 52 cm

Abdeckbreite Rost aus Tabelle: 61 cm

Ansaugkanalquerschnitt: (11 m<sup>3</sup>/s) / (4 m/s) = 2,75 m<sup>2</sup>, z.B. 2,5 m × 1,1m

**6 Wie kann / soll die Trocknungszeit verkürzt und bei schlechter Witterung getrocknet werden?**

Grundsätzlich sollte um die Trocknungszeit zu verkürzen eine Dachabsaugung installiert werden, welche die kostenlose Sonnenenergie zur Luftanwärmung nutzt. Zur weiteren Luftanwärmung können Luftheizungen mit fossilen oder regenerativen Energieträgern, Abwärme von Biogasanlagen und/oder eine Wärmepumpe zur Luftentfeuchtung und anschließenden Luftanwärmung eingesetzt werden. Da das Verbrennen von fossilen Energieträgern äußerst klimaschädlich ist, sollte auf diese wenn möglich verzichtet werden.



[2]

### Faustregel

Je 10 m<sup>3</sup>/s Luft-Volumenstrom werden für 1 °C Anwärmung 12,5 kW Heizleistung benötigt;

Je 1 m<sup>3</sup>/s für 1 °C Anwärmung 1,25 kW [5]

### Beispiel

Ein Luftvolumenstrom von 39.600 m<sup>3</sup>/h = 11 m<sup>3</sup>/s soll um 10 °C angewärmt werden.

$11 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,25 \text{ kW} / (\text{m}^3/\text{s} \times ^\circ\text{C}) \times 10 \text{ }^\circ\text{C} = 137,5 \text{ kW}$  Heizleistung

### Dachabsaugung

Für eine Dachabsaugung sollte eine Dachkollektorfläche von doppelter bis dreifacher belüfteter Fläche [4] vorhanden sein. Ist weniger Platz vorhanden oder soll die Dachabsaugung auch bei wechselhafter Witterung die Trocknungsluft ausreichend erwärmen, können sogenannte Solarluftkollektoren eingesetzt werden, die bis zu 700 W/m<sup>2</sup> Wärmeleistung besitzen. Bei einem normalen Dach kann mit 250-300 W/m<sup>2</sup> gerechnet werden, wobei noch der Wirkungsgrad berücksichtigt werden muss. Dunkle Dächer (Faserzement, Profilblech und Photovoltaik-Panels) haben Wirkungsgrade von bis zu 50%, Ziegeldächer erreichen bis zu 37%.

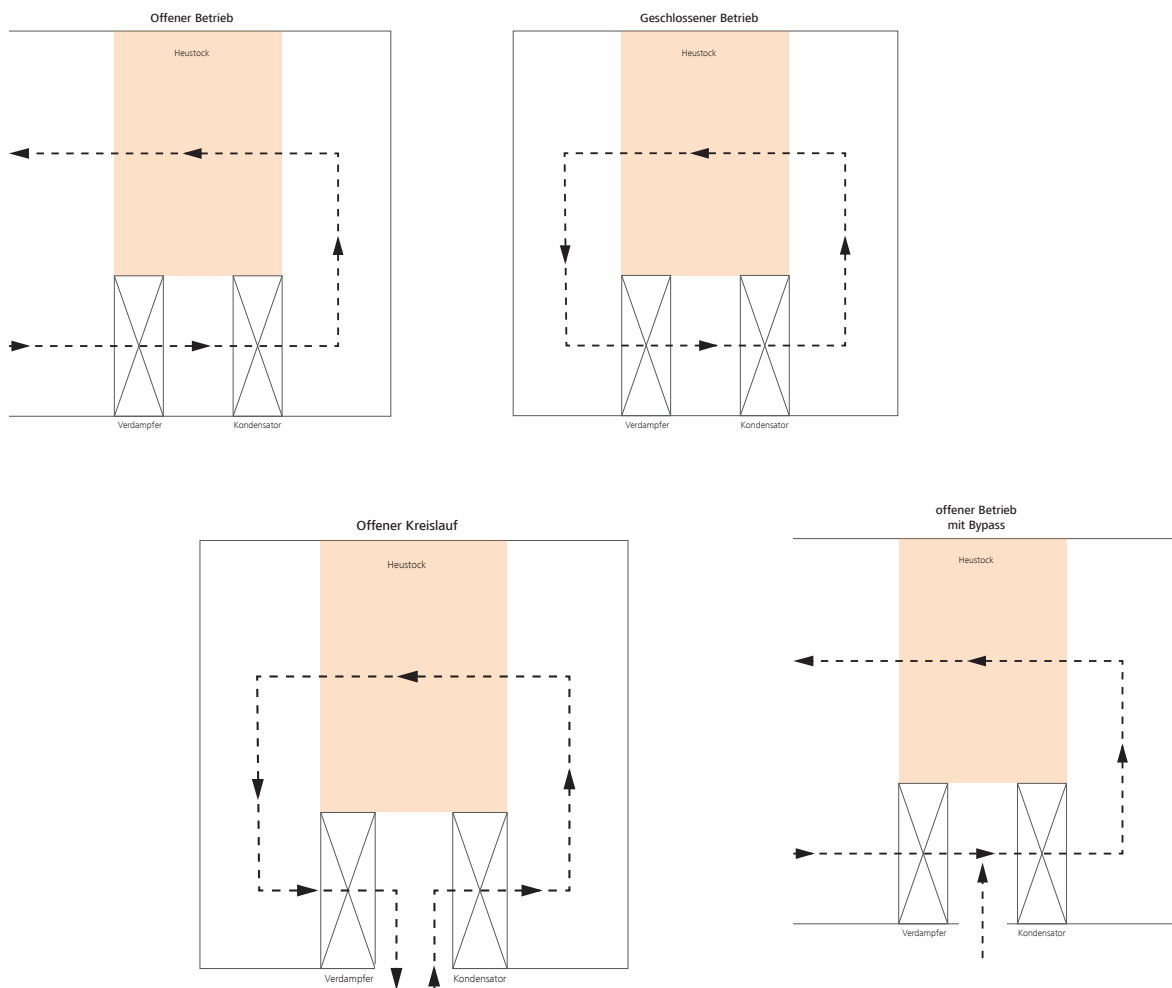
Bei der Auslegung der Dachabsaugung ist der entscheidende Faktor die Luftgeschwindigkeit unter dem Dach. Diese sollte im Bereich von 3 - 6,5 m/s [4] liegen wodurch im Kanal eine turbulente Strömung entsteht, die für eine gute Wärmeabfuhr vom Dach sorgt. Eine zu geringe Geschwindigkeit hat eine weniger starke Anwärmung der Außenluft zur Folge, da sich direkt unter dem Dach ein Luftpolster bildet. Dieses wirkt isolierend und entsteht da meist nur im unteren Bereich des Kanals eine laminare Strömung vorhanden ist. Des Weiteren sind lange Kollektorflächen im Verhältnis zu Saugbreite zu vermeiden. [4] Bei der genauen Auslegung der Dachabsaugung durch den Hersteller der Trocknungsanlage wird die Dachrichtung und Dachneigung berücksichtigt.

Interessant ist die Kombination einer Photovoltaikanlage mit einer Dachabsaugung. Durch die Kühlung der Solarmodule um je 1°C kann der Wirkungsgrad um fast 0,5% erhöht werden. [4] Allerdings ist darauf zu achten, dass während der Stillstandszeit der Heutrocknung die Solarmodule natürlich oder mechanisch hinterlüftet werden.

### Entfeuchtung

Für die grobe Abschätzung der Kompressorleistung des Entfeuchters wird mit der benötigten Lüfterleistung des Ventilators gearbeitet. Eine genauere Auslegung wird über die benötigte Entfeuchtungsleistung oder die benötigte Heizleistung vom Hersteller des Entfeuchters durchgeführt.

Bei einer Heutrocknung mit Entfeuchter sind mehrere Betriebsarten möglich, diese müssen aber vor der Installation der Trocknungsanlage festgelegt werden, da daraus erforderliche Baumaßnahmen resultieren.



[1]

- dauerhafter Umluftbetriebe (kein Dachabsaugungsbetrieb möglich!) : Verhältnis Kompressorleistung zu Ventilatorleistung **von 2:1**
- normaler Umluftbetrieb (Dachabsaugungsbetrieb möglich!) : Verhältnis Kompressorleistung zu Ventilatorleistung **von 1:1**

### Beispiel

Die benötigte Ventilatorleistung beträgt 19,5 kW.

2:1: 39 kW Kompressorleistung zu 19,5 kW Ventilatorleistung

1:1: 19,5 kW Kompressorleistung zu 19,5 kW Ventilatorleistung

## Quellenverzeichnis

- [1] A. Pöllinger:  
„Heutrocknungstechnik“; 2014
- [2] G. Wirleitner, U. Wyss:  
„Richtlinien zur Trocknung von Rundballen“; 2015
- [3] G. Wirleitner:  
„Überlegungen bei der Planung einer Rundballentrocknung“; 2013
- [4] C. Aschauer, S. Jakschitz-Wild, M. Kittl, K. Neuhofer, F. Nydegger, J. Ostertag,  
A. Pöllinger, R. Resch, S. Thurner, G. Wirleitner:  
„Richtlinien für Heubelüftungsanlagen“; 2014
- [5] G. Wirleitner:  
„Überlegungen bei der Planung einer Boxentrocknung“; 2015
- [6] F. Nydegger, G. Wirleitner:  
„Qualitätssheu durch effektive und kostengünstige Belüftung“; 2009