

Heutrocknungs- anlagen im Vergleich

Die landwirtschaftliche Schule Grangeneuve hat 2021 einen neuen Milchviehstall mit vier Heustöcken und vier verschiedenen Heutrocknungsanlagen gebaut. Nun liegen Zahlen zu Energieverbrauch, Energieeffizienz und Energiekosten vor.

text **GERALDINE ZUTTER** / bild **PIERRE-YVES MASSOT**



Für die Käsereimilch-Produktion auf dem Betrieb Grangeneuve braucht es hochwertiges Dürrfutter. Das Futter aus den vier Heustöcken auf der rechten Seite kann direkt mit dem Heukran an der Krippe abgelegt werden.

Im Jahr 2021 wurde an der landwirtschaftlichen Schule Grangeneuve ein neuer Stall gebaut. Auf dem Betrieb wird Käsereimilch für Gruyère AOP produziert. Deshalb ist qualitativ hochwertiges Dürrfutter ein zentraler Erfolgsfaktor.

Beim Neubau wurden deshalb vier Heustöcke mit vier verschiedenen Heutrocknungssystemen (siehe Grafiken auf der nächsten Doppelseite) errichtet:

1. Warmluft mit Pelletheizung (Heustock-Grundfläche 150 m²)
2. Unterdach-Warmluftanzug (Heustock-Grundfläche 125 m²)
3. Zwei Luftentfeuchter mit Unterdach-Warmluftanzug (Heustock-Grundfläche 100 m²)
4. Warmwassertauscher (Heustock-Grundfläche 150 m²)

Der Bau der verschiedenen Anlagen ermöglicht, Daten zu Energieverbrauch und Trocknungskosten zu sammeln und auszuwerten. Denn laut Pierre Aeby, wissenschaftlichem Mitarbeiter in Grangeneuve, bestehen bisher nur wenige Daten dazu.

Nach drei Jahren Erfahrung zeigen Pierre Aeby und Rebekka Gerber, wissenschaftliche Mitarbeiterin in Grangeneuve, wie die Anlagen kostentechnisch abschneiden und was bei den

Kurz & bündig

- Trocknungssysteme mit Entfeuchtungsanlagen sind am teuersten aufgrund der hohen Anlage- und Energiekosten.
- Bei der Anschaffung einer Heutrocknungsanlage ist es am wichtigsten zu entscheiden, ob wetterunabhängig getrocknet werden muss oder nicht.
- Der Unterdach-Warmluftanzug ist das günstigste Trocknungssystem mit Warmluft.

jeweiligen Anlagen beachtet werden muss.

Will man das Futter wetterunabhängig trocknen oder nicht?

«Bei der Wahl einer Heutrocknungsanlage muss man sich in erster Linie die Frage stellen, ob man vom Wetter völlig unabhängig sein will oder nicht», sagt Pierre Aeby. Das ist besonders für silofreie Betriebe eine wichtige Frage.

Bei Systemen wie der externen Warmluftheizung, dem Entfeuchter oder dem Warmwassertauscher ist die Heutrocknung ziemlich wetterunabhängig. Mit diesen Systemen kann auch bei Regenwetter getrocknet werden, wenn Heustockfläche, Ventilatorleistung (m^3 Luft/s) und Heizleistung richtig aufeinander abgestimmt sind.

«Grundsätzlich gilt: Je wärmer die Luft ist, desto höher ist ihre Wasseraufnahmekapazität. Deshalb ist es effizienter, das Dürrfutter mit Warmluft zu trocknen statt mit Kaltluft», erklärt Rebekka Gerber. Warmluft braucht aber mehr Energie. Deshalb ist es wichtig, sich bei der Wahl einer Anlage folgende Gedanken zu machen:

- Woher nehme ich die Energie?
- Wie viel Trocknungs-Energie brauche ich für die Grösse meines Heustocks?

Trocknungskosten von vier Heutrocknungssystemen

Trocknungssystem	Verdunstetes Wasser (Liter pro kWh)	Trocknungskosten (Fr. pro Dezitonne Dürrfutter)
Unterdach-Warmluftanzug	2,3	3.20
Entfeuchter und Unterdach-Warmluftanzug	1,1	9.10
Warmwassertauscher	0,2	18.00
Kaltluft-Belüftung	0,7	4.70

Energieverbrauch in kWh = Energie vom Lüfter plus die Energie zur Lufterwärmung. Die Kaltbelüftung ist auf den ersten Blick ziemlich günstig, aber energetisch sehr ineffizient mit etwas mehr als einem halben Liter verdunstetes Wasser pro kWh Energie. Die Zahlen stammen von Grangeneuve aus den Jahren 2021 bis 2023.

- Was kostet diese Energie?
- Was kostet die Beschaffung der Anlage?
- Wie energieeffizient trocknet die Anlage?

Bei einer Tonne Dürrfutter mit einem Trockensubstanzgehalt von 88 Prozent müssen immer noch 467 Liter Wasser verdunsten, wenn das Futter mit einem Trockensubstanzgehalt von 60 Prozent auf die Belüftung kommt. Das braucht viel Energie.

«Strom ist die teuerste Energiequelle und wird in Zukunft noch teurer wer-

den», mahnt Aeby. Der Strompreis hat sich gemäss den jährlichen Erhebungen von Pierre Aeby in den letzten zehn Jahren fast verdoppelt. Heruntergerechnet auf die Kilowattstunde ist Strom im Moment fast dreimal teurer als Holzpellets und viermal teurer als Holzschnittel.

Heutrocknungsanlagen im Kostenvergleich

In der Tabelle «Trocknungskosten von vier Heutrocknungssystemen» werden die Trocknungsanlagen in Bezug auf

Kaltbelüftung mit mobiler Heizung

Diese Trocknungsanlage funktioniert wie eine Kaltluftanlage, wobei zusätzlich mit einer externen Heizungsanlage Warmluft produziert wird. Diese Warmluft wird vom Lüfter angesaugt und in den Heustock geblasen, womit ein schnelles Trocknungsergebnis erzielt wird. Als externe Heizung kann eine fixe oder mobile Pellet-, Schnitzel- oder Ölheizung eingesetzt werden.

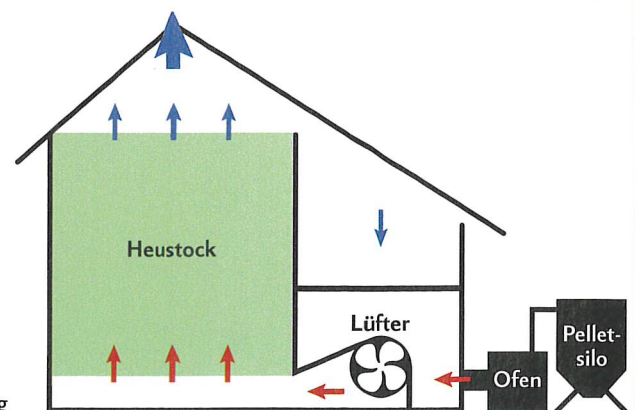
Vorteile

- Wetterunabhängig, wenn Leistung mit Heustockfläche übereinstimmt.
- Wenn Holz vom eigenen Wald eingesetzt werden kann, ist Energiequelle günstiger.

- Die mobile Heizung kann evtl. im Winter oder Sommer für andere Zwecke genutzt werden.
- Gerätemiete möglich

Nachteile

- Energieaufwendig
- Je nach Energiequelle teuer (Öl, Pellets).
- Brandschutzvorschriften seitens Mietfirmen nicht immer bekannt, Landwirte müssen sich selbst gut auskennen, wie die



Installation korrekt aufgestellt sein soll.

- Ölöfen sind billiger als Pelletöfen und Holzschnittelöfen.
- 30 000 bis 80 000 Franken

Unterdach-Warmluftanzug

Unter dem Blechdach wird mit OSB-Platten ein Unterdach konstruiert. Somit entsteht ein Unterdachkanal, in welchem die Luft über das Dach erwärmt wird. Diese warme Luft wird vom Lüfter angesaugt und in den Heuraum geblasen.

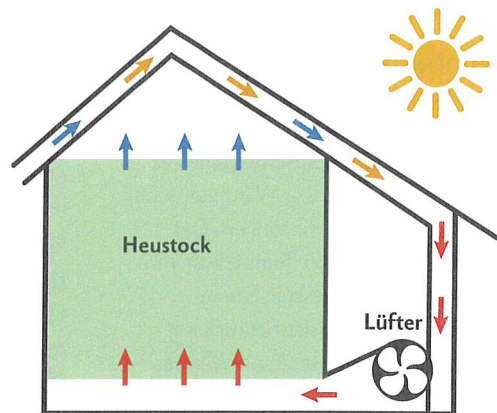
Vorteile

- Sehr energieeffizient, Sonne ist gratis.
- Kaum Unterhaltskosten, einmalige Investition, die über Jahrzehnte hält.

- Lärmschutz, weil die Luftzirkulation geschlossen ist.

Nachteile

- Wetterabhängig: Bei Regen und während der Nacht wird das Dach nicht erwärmt.
- Kosten: 30 000 bis 50 000 Franken für Dach mit Unterdach aus OSB-Platten.



den Energieverbrauch pro Liter verdunstetes Wasser miteinander vergleichen. Dabei ist der Unterdach-Warmluftanzug die effizienteste Variante mit über zwei Litern verdunstetes Wasser pro Kilowattstunde. Auch preislich ist diese Variante am günstigsten, weil ausser dem Strom für den Lüfter (Ventilator) keine zusätzlichen Energiekosten entstehen. Die Sonne wärmt gratis.

Auch bei der Grafik «Heutrocknungsanlagen Gesamtkosten» ist der Unterdach-Warmluftanzug unter Be-

rücksichtigung der gesamten variablen und fixen Kosten die zweitbilligste Variante. Dafür ist man etwas stärker vom Wetter abhängig und kann nicht bei Regenwetter oder kaltem Wetter trocknen.

Die Variante Kaltluft schneidet von den gesamten Anlagekosten her am günstigsten ab, weil die Anlage mit nur einem Lüfter relativ simpel ausgestattet ist. «Belüftung mit Kaltluft sieht auf den ersten Blick günstig aus, ist aber sehr ineffizient im Energieverbrauch», erklärt Aeby. Der Unterdach-

Warmluftanzug war in Grangeneuve beim Energieverbrauch (Liter Wasser pro kWh) rund viermal effizienter als die Kaltbelüftung mit unseren Anlagen (siehe Tabelle «Trocknungskosten»).

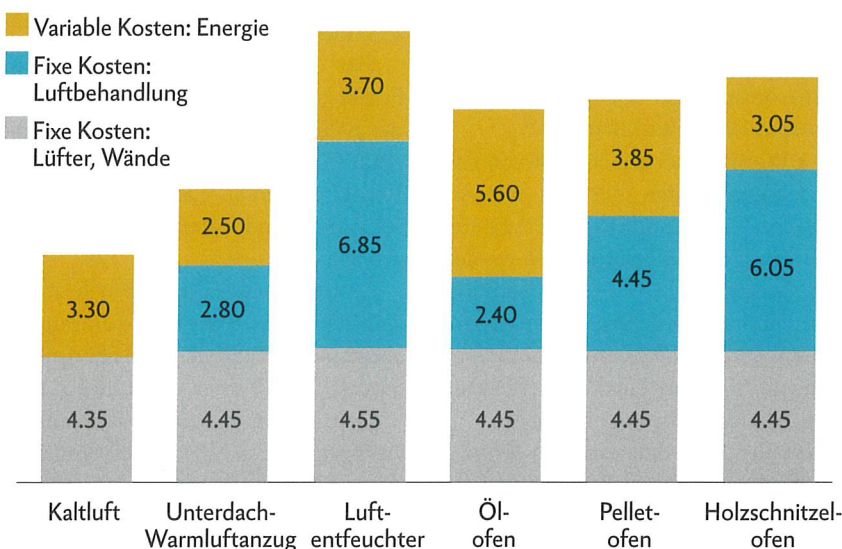
«Bei der Kaltbelüftung spare ich im Vergleich zum Unterdach-Warmluftanzug zuerst 30 000 Franken. Aber dann zahle ich in den nächsten Jahren viel Geld für Strom, und das ist die teuerste Energie», sagt Aeby.

Bei der Kaltlufttrocknung dauert es viel länger, bis das Dürrfutter trocken ist, weshalb höhere Stromkosten für den Lüfter anfallen. Ausserdem muss das Futter für die Trocknung in Kaltluftanlagen bereits gut auf dem Feld angewelkt sein, wodurch höhere Bröckelverluste entstehen wegen eines zusätzlichen Durchgangs mit dem Kreiselhauer.

Für Silobetriebe reicht eine Kaltluftanlage oftmals völlig aus, weil sie im Sommer bei warmem Wetter belüften können. Im Frühling und Herbst weichen sie auf Silage aus.

Variable und fixe Kosten von Heubelüftungssystemen

in Fr./dt Heu (Stand Frühling 2024)



Beim Kostenvergleich der verschiedenen Heubelüftungssysteme ist der Luftentfeuchter am teuersten wegen der hohen Fixkosten.

Quelle: Grangeneuve

Vergleich der wetterunabhängigen Trocknungssysteme

Die Kaltbelüftung kann mit einem externen Heizsystem ergänzt werden, um auch wetterunabhängig Dürrfutter zu trocknen. Im Stall von Grangeneuve wurde eine mobile Pelletheizung gemietet und installiert. Im direkten Vergleich der wetterunabhängigen Trocknungssysteme in Grangeneuve (Pelletheizung, Warmwassertauscher und Entfeuchtungsanlage)

Warmwassertauscher

In Grangeneuve kommt Warmwasser von einer 1 km entfernten Müllverbrennungsanlage. Dieses Wasser wärmt über einen Wärmetauscher (eine Art Radiator) die Luft. Der Wärmetauscher wird vor dem Lüfter installiert. Das Wasser tritt mit einer Temperatur von 85 Grad ein und fliesst in einem geschlossenen Kreislauf zurück mit etwa 65 Grad. Wasser kann Wärme über weite Distanzen besser transportieren als Luft. Deshalb lohnt sich die Anlage nur, wenn sich die Wärmequelle weiter weg vom Betrieb befindet (Biogas, unterschiedlich leistungsstarke Heizung).

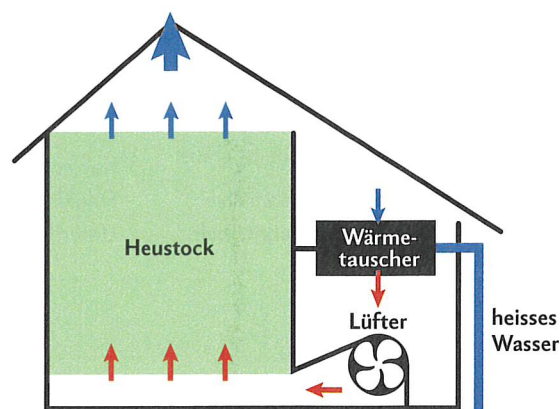
Vorteil

- Wetterunabhängig, wenn Leistung mit Heustockfläche abgestimmt.
- Austauscher selbst relativ billig (20 000 bis 30 000 Franken).
- Unterschiedlicher Einsatz einer Wärmequelle während des Jahres.

Nachteile

- Anschaffungskosten für den Wärmetransport können hoch sein.
- Energieaufwendig

- Dieses System ist eher für spezielle Betriebe mit einer Biogasanlage oder einer Pouletmasthalle geeignet.



ist die Pelletheizung nach der Gasheizung das günstigste System.

«Ich frage die Landwirte oft, ob sie nicht selber Holz haben», sagt Aeby. In solchen Fällen könne sich eine Schnitzelheizung lohnen. Bei mobilen Heizungen besteht zudem die Möglichkeit, diese im Sommer oder Winter für andere Zwecke zu verwenden, zum Beispiel fürs Trocknen von Holzschnitzel oder Getreide.

Der Luftentfeuchter ist von den Anschaffungs- und Energiekosten her eine sehr teure Variante. Im Vergleich zu Warmwasser ist der Luftentfeuchter energietechnisch zwar sechsmal effizienter, verbraucht aber deutlich mehr Strom, der teuer ist.

Oft müssen nur zwei von fünf Schnitten getrocknet werden

Pierre Aeby sagt, dass in der Branche vielfach teure Entfeuchtungsanlage erfolgreich verkauft werden. Denn es sei eine einfach zu handhabende Anlage. Aber Aeby mahnt die Landwirte, dass sie im Schnitt nur zwei von fünf Schnitten trocknen müssen.

«Wieso willst du eine Anlage einbauen, die in der Anschaffung und von den Energiekosten her teuer ist, nur um sie vielleicht während zehn Tagen im Jahr zu nutzen? Die Amortisation dieses Systems kann schlecht sein.»

Viele Landwirte würden dann antworten, dass sie ja den Strom von der Photovoltaikanlage nutzen könnten. Aber in der Nacht bekomme man keinen Strom vom Dach – genau dann läuft aber der Entfeuchter. Bei der Anschaffung einer Trocknungsanlage muss langfristig und ganzheitlich überlegt werden.

«Und es stimmt nicht, dass man nur mit dem Luftentfeuchter bei Regenwetter Dürrfutter trocknen kann», sagt Rebekka Gerber. Wenn die Luft unter zehn Grad ist, kann sogar das Kühlmittel des Luftentfeuchters einfrieren.

Wärmetauscher für Biogasanlagen und Poulethallen

Der Warmwassertauscher ist von den Trocknungskosten her das teuerste System. Ein Grund ist die Energieeffizienz. Pro Kilowattstunde werden nur knapp 0,2 Liter Wasser verdunstet. Jedoch ist die Anlage auch sehr leistungsstark. Für den 150 m² grossen Heustock wurde ein Wärmetauscher mit 250 kW Leistung eingebaut.

Im Vergleich dazu bringen die zwei Luftentfeuchter zusammen eine Leistung von 24 kW für eine Heustockfläche von 100 m². Gemäss Pierre Aeby sei der Wärmetauscher nur für speziellere Betriebe mit einer Biogas-

anlage oder Pouletmasthalle geeignet, wenn die Wärmequelle etwas weiter weg vom Heustock liegt. Nur dann kann sich ein Wärmetransfer mittels Wasser lohnen.

Die Anlage muss zum Heustock passen

Nebst den ganzen Kosten muss auch die Leistung der Trocknungsanlage berücksichtigt werden. Pierre Aeby sagt, wenn man wetterunabhängig und auch bei Regen trocknen wolle, dann müsse die Luft mit der Anlage um mindestens 10 oder sogar besser 15 Grad erwärmt werden können.

«Für eine gute Qualität sollte das Futter innert drei bis vier Tagen auf der Belüftung lagerstabil, mit 88 Prozent TS, getrocknet sein», erklärt Rebekka Gerber. Das geht nur mit Warmluft und einer schlagkräftigen Anlage.

Deshalb müsse die Wärmeleistung mit der Heustockgrösse zusammenpassen. Als Richtwert gilt: Für einen Heustock mit einer Grundfläche von 100 m² braucht es eine Wärmeanlage mit mindestens 120 kW Leistung oder sogar 150 kW.

«Viele Landwirte haben einen 200-m²-Heustock und nur eine 100-kW-Anlage. Das reicht nicht. Die Luft wird vielleicht nur um drei bis

Luftentfeuchter mit Unterdach-Warmluftanzug

Direkt vor dem Lüfter wird ein Luftentfeuchter installiert. Wenn die Aussenluft kühler ist als die aufsteigende feuchte Luft vom Heustock, kann mittels Umluftklappe am Dach die wärmere Luft aus dem Heustock angesaugt werden. Die Luft wird vorher im Entfeuchter getrocknet und wieder in den Heustock geblasen. Somit kann bei Bedarf ein Luftkreislauf hergestellt werden. In Grangeneuve kann aber auch die warme Luft vom Unterdach angesaugt und entfeuchtet werden.

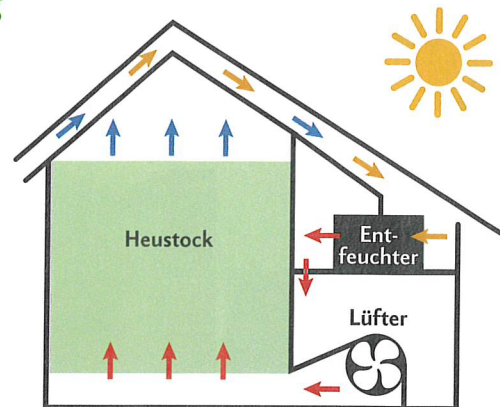
Vorteile

- Fast wetterunabhängig (siehe Nachteile).

- Anlage behält den Wert und ist langlebig.
- Energieeffizient (man braucht viel weniger Energie, um 1 Liter Wasser zu verdunsten, als bei der Heizung).

Nachteile

- Hohe Anschaffungskosten (um die 100 000 Franken)
- Hohe Energiekosten (Strom)
- Unterhaltsarbeit und -kosten



- Anlage funktioniert nicht, wenn es ganz kalt ist. Beim Ansaugen von zu kalter Luft kann das Kühlmittel einfrieren (bei < 10 Grad).

vier Grad erwärmt», erklärt Aeby. Dann erreicht man nie eine Luft mit weniger als 50 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit. Er sieht die Zukunft in einem kleinen Heustock mit schlagkräftiger Wärmeleistung und daneben etwas grösseren Heustöcken zur Lagerung.

«Der Unterdach-Warmluftanzug gehört in Zukunft zur Standardausrüstung. Der Unterdachkanal wird einmal gebaut und erwärmt die Luft so lange, wie das Gebäude steht. Zu-

dem kann der Landwirt Strom sparen – eine Energiequelle, die zukünftig noch teurer wird», sagt Rebekka Gerber.



In der nächsten Ausgabe von «die grüne» zeigen wir Ihnen in der Jahresserie «Schlau bauen», was beim Bau eines Heustocks beachtet werden muss und welches die wichtigsten Regeln zur optimalen Bedienung und Überwachung der Heutrocknungsanlage sind. www.diegruene.ch/schlau-bauen

Landwirtschaftsbetrieb Grangeneuve

Die Landwirtschaftsschule Grangeneuve liegt im freiburgischen Posieux, neben der Forschungsanstalt Agroscope. Der Betrieb ist 71 Hektaren gross, 31 Hektaren davon sind Ackerbau. Zum Betrieb gehören 50 Milchkühe der Rasse Holstein, 72 Muttersauen und 300 Mastschweineplätze.

Anzeige

Hochauflösende Wärmebildkamera

Frühlingsaktion mit begrenzter Stückzahl

- Passt auf **ALLE** Krananlagen
- Erkennen von Ungleichmässigkeiten bereits beim Befüllen des Heustock
- Verdichtete Stellen auf einen Blick sichtbar
- Selbstmontage in 2 Minuten!
- 230V Spannungsversorgung
- mit optionalem Akku kann dieses System Mobil für die Prävention an Maschinen, Lagerüberprüfungen usw. eingesetzt werden!

~~2850.- CHF~~
1750.- CHF
inkl MWST



BÄCHTOLD LANDTECHNIK
041 493 17 70 - www.bltag.ch CH-6122 Menznau