

Neue Dimensionen in der Rundballentrocknung

Gotthard Wirleitner^{1*}

Zusammenfassung

Bisher galt es als schwierig, Rundballen mit einer Dichte über 130 kg TM/m³ und einem Durchmesser über 1,60 m zu trocknen. Im vergangenen Jahr ist es gelungen, Rundballen mit 1,80 m Durchmesser bei einem Frischgewicht teilweise über 800 kg in 16 bis 36 Stunden zu trocknen. Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen wurden die Ballen nicht abgedeckt, aber einmal während der Trocknung gewendet. Der Schlüssel zum Erfolg lag in einer Verbesserung der Durchströmung und einer Verringerung des Luftdurchsatzes sowie einer guten Wärmeisolierung in Verbindung mit einem Luftentfeuchter. Noch dazu lagen die Betriebskosten in einem moderaten Bereich von 0,7 bis 1,5 Cent/kg Heu.

Schlagwörter: Rundballen, Heu, Trocknung, Entfeuchtung, thermische Solarenergienutzung, Anlagenplanung, Optimierung, Trocknungskosten

Summary

Previously it was considered as difficult to dry hay bales of a density above 130 kg TM/m³ and diameters more than 1,60 m. Last summer it worked to dry such large bales of particular more than 800 kg weight within 16 to 36 hours. In accordance with working time restrictions it was not necessary to cover the bale-top, but to turn over the bales once while drying.

The key of success was to improve the air flow in the dryer-system, to reduce the air flow rate and to prepare a thermal insulation associated with a heat pump dehumidifier. Moreover the operating costs are moderate in a range of 0,7 to 1,5 Cent per kg dry hay.

Keywords: round bale, hay, drying, dehumidification, thermal solar energy usage, equipment design, improvement, operating costs

Einleitung

Die Trocknung von Rundballen ist schwieriger als jene von Loseheu in Boxen. Die Probleme sind vielfach auf eine ungleichmäßige Durchlüftung infolge von Feuchtigkeits- und Dichteunterschieden innerhalb der Ballen, aber auch zwischen den Ballen einer Trocknungscharge zurückzuführen. Eine größere Dichte im Vergleich zu Loseheu erschwert die Durchströmung. Die Trocknung sollte rascher als bei Loseheu, möglichst innerhalb von 40 bis 60 Stunden bis auf eine Restfeuchte von 13 % abgeschlossen sein. Das ist mit einer einfachen Kaltbelüftung eher selten möglich. Schlagkräftige Ballentrocknungen arbeiten daher in der Regel mit Warmluft oder entfeuchteter Luft.

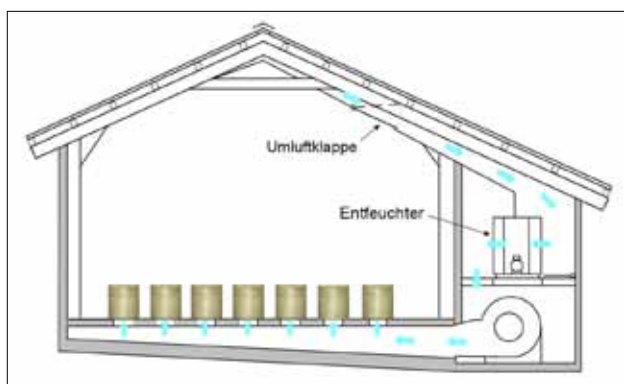


Bild 1: Funktionsschema einer Rundballentrocknung mit Entfeuchtung und Dachabsaugung (Ballenreihen werden in der Praxis meist längsseitig im Gebäude angeordnet!)

Bauformen

Rundballen-Trocknungen werden meist mit Untenbelüftung aus einem massiven Luftkanal ausgeführt. Idealerweise lässt man Betonkanäle konisch bis auf etwa 30 cm Endhöhe verlaufen, an der Einblasseite ist eine Luftgeschwindigkeit unterhalb von 8 bis 10 m/s günstig. Bei einfacher Untenbelüftung sollten zumindest feuchte Ballen einmal gewendet werden, kritisch ist meist die obere Außenzone der Ballen. Das Trocknen von zwei direkt aufeinander stehenden Ballen erscheint eher problematisch, eventuell ist dies zur Vortrocknung von Ballen möglich, wenn die unteren Ballen bereits zum Teil trocken ist. Der Durchmesser der Luftzutrittsöffnung („Ballenloch“) sollte mit 0,8 x Ballendurchmesser oder



Bild 2: Ballentrocknung mit Untenbelüftung und Rollplane

¹ Am Pfaffenbühel 8, A-5201 SEEKIRCHEN

* Ansprechperson: Dipl.Ing. Gotthard Wirleitner, E-mail: g.wirleitner@gmx.at



Ballendurchmesser minus 35 cm dimensioniert werden. Eine Blechkranzhöhe von 14 cm hat sich bewährt.

Üblich sind weiter Anlagen mit Blechkanal für Untenbelüftung. Zum besseren Druckausgleich werden bei gleichbleibendem Kanalquerschnitt teilweise unterschiedlich hohe Bremsleisten an der Kanaloberseite oder Lochbleche unterhalb des Ballenloches eingebaut.

Alternativ zu ortsfesten Kanälen verwendet man auch flexible Polyamid-Schläuche in Verbindung mit Stahlblech-Zwischenringen. Damit können zwei Ballenlagen übereinander belüftet werden. Etwas problematisch erscheint dabei die Stabilität der aufeinander stehenden Ballen, besonders bei weicher Pressung.



Bild 3: Modellbetrieb mit zweireihigem Betonkanal und darüberliegendem wärmeisoliertem Blechkanal sowie gedämmter Wandseite.



Bild 4: Links typische Problemzone bei Untenbelüftung, rechts Adapterring auf zu kleinem Ballenloch



Bild 5: Untenbelüftung aus einem Blechkanal, links ein Ballendeckel



Bild 6: Rundballenbelüftung mit flexiblen Schläuchen (Foto: LASCO)

Für je 8 Ballen wird auch eine Kompakteinheit mit Zwischenringen samt aufgebautem Ventilator angeboten. Industriell gefertigte Komplettanlagen werden auch mit kombinierter Oben- und Untenbelüftung angeboten. Eine Belüftung von Rundballen aus der Ballenmitte über ein perforiertes Rohr konnte bisher nicht überzeugen.

Tipps zur Planung

Wie erwähnt, ist für eine schlagkräftige Ballentrocknung eine Anwärmung oder Entfeuchtung der Trocknungsluft Voraussetzung. Dabei sollte die Lufttemperatur je nach Trocknungsdauer etwa 45 bis maximal 50 °C nicht übersteigen. Neben einer Solar-Dachwärmenutzung sind Warmluftöfen mit Stückgut- oder Hackgutfeuerung und Luftentfeuchter verbreitet. Bei ausreichender Leistung einer Gebäudeheizung oder zur Verfügung stehender Abwärme kann die Trocknungsluft über Wärmetauscher übergeben werden. Je 10 °C Anwärmung und 10.000 m³/h benötigt man rund 33 kW Heizenergie. Warmluftöfen werden entsprechend den Brandschutzvorschriften meist extern angeordnet. Luftentfeuchter werden auch als Kompaktanlage samt Ventilator angeboten.

Für einen Entfeuchter ist ein entsprechender Raum in der Lüfterkammer (meist oberhalb des Ventilators) einzuplanen. Der Sammelkanal einer Dachabsaugung sollte so groß dimensioniert werden, dass die Luftgeschwindigkeit unter 4 m/s bleibt. Im Dach soll die Luftgeschwindigkeit im Bereich um 4 m/s (3 bis 6,5 m/s) liegen.



Bild 7: Links Kompaktentfeuchter mit Lüfter, rechts Warmluftofen

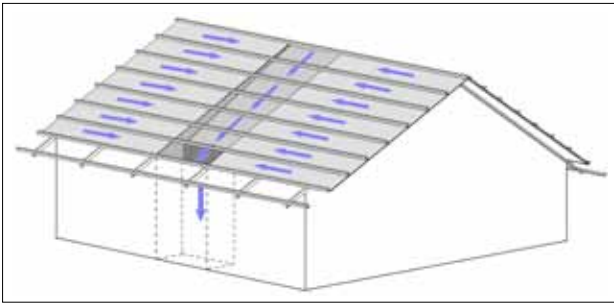


Bild 8: Dachabsaugung bei einem Pfettendach und mittigem Sammelkanal

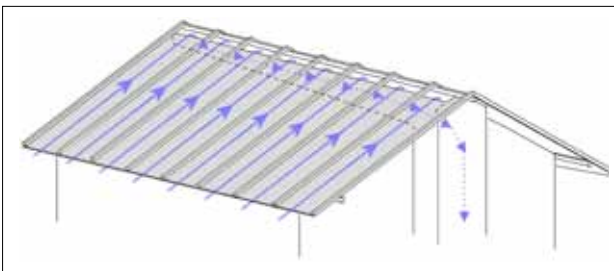


Bild 9: Dachabsaugung bei einem Sparrendach und Sammelkanal im Firstbereich

Für die Bauplanung ist die Anordnung der Ballen entscheidend. Mehr als drei nebeneinander liegende Reihen sind schon aus Gründen der Manipulierbarkeit der Ballen nicht empfehlenswert. Zwei Ballenreihen auf einer Ebene können noch gut per Frontlader bedient werden, ebenso eine darüber liegende Ballenreihe. Eine hydraulische Wendezange ist zweckmäßig.

Mehr als drei übereinanderliegenden Ballenreihen können mit Teleskopschwingen zum Frontlader erreicht werden.

Der Freiraum zwischen benachbarten Ballen sollte mindestens 20 bis 30 cm betragen. Damit ergibt sich typischerweise ein Rastermaß von 1,7 bis 2 m. Bei der Zahl der belüfteten Ballen ist zu bedenken, dass bei kleinen Erntemengen offene Ballenlöcher mit trockenen Ballen abgedeckt werden müssen oder Zuleitungen abzusperrt sind. Bei mehrreihiger oder mehrstöckiger Anordnung der Ballen kann aus



Bild 10: Kompaktanlage für 8 Ballen mit Zwischenringen (Foto MRH-Rieser)

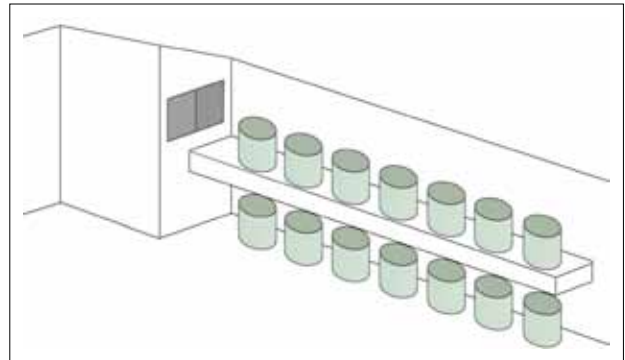


Bild 11: Schema einer einfach bedienbaren zweistöckigen Ballentrocknung an der Gebäude-Längsseite (links Lüfterkammer mit Entfeuchter)



Bild 12: Ballenentnahme mit Frontlader und Wendezange, rechts oben im Bild ist die hochgefahrte Rollplane erkennbar

diesem Grund die Speisung durch je einen getrennten Ventilator pro Reihe oder Stockwerk zweckmäßig sein. Sehr lange Ballenreihen (z.B. mehr als 18 bis 20 Ballen) können eventuell in Verbindung mit einem Entfeuchter ohne Zusatzlüfter eine mangelhafte Umluftführung und unerwünschte Kondensationen bewirken. Damit erscheinen Einheiten mit über 50 bis 60 Ballen eher nicht empfehlenswert.

Ventilatorauswahl

Zur Ballentrocknung sind druckstabile Ventilatoren mit einem Maximaldruck von mindestens 1.500 bis 1.600 Pa empfehlenswert. Typischerweise schwankt der erforderliche statische Druck zwischen 750 und 1.400 Pa je nach Luftdurchsatz und Ballendichte. Extremwerte bis 2.000 Pa wurden gemessen. *Bild 14* zeigt den erforderlichen statischen Druck in Abhängigkeit von der Ballendichte und dem Volumenstrom je Ballen. Die Daten wurden durch Berechnung des Widerstandbeiwerts aus eigenen Messungen und Literaturangaben [1], [3] ermittelt.

Die Ballendichte beeinflusst über den Luftdurchsatz stark die Trocknungsdauer. Der Luft-Volumenstrom je Ballen soll je nach Durchmesser um 800 bis 2.000 m³/h liegen, um die geforderte kurze Trocknungszeit zu erreichen. Pro m² Ballen-Stirnfläche kann man mit 500 bis 1.000 m³/Luft je Stunde rechnen. Das entspricht etwa einem spezifischen Luft-Volumenstrom von 0,14 bis 0,28 m³/s und m².

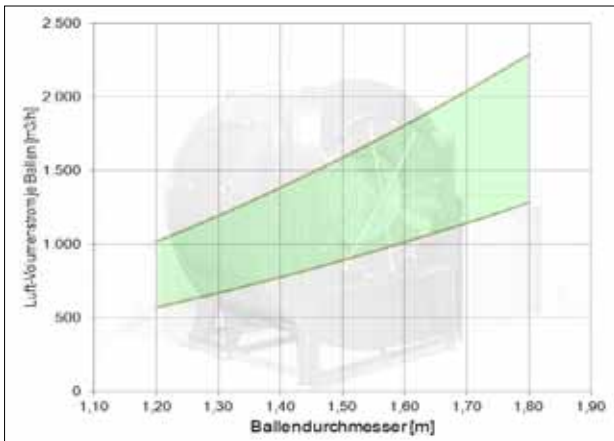


Bild 13: Empfehlenswerter Luft-Volumenstrom für Rundballen

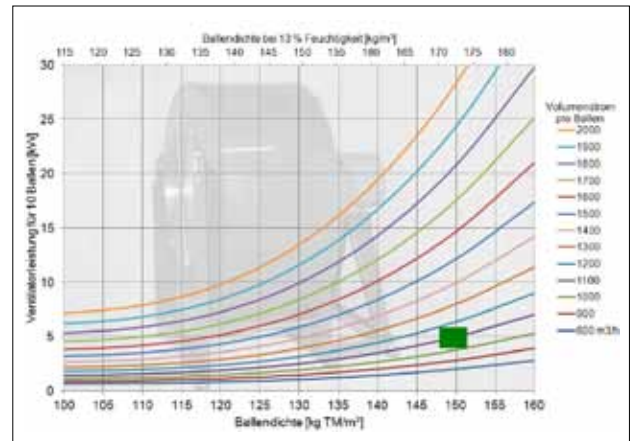


Bild 15: Ventilatorleistung bei Rundballen mit 1,8 m Durchmesser. Der Betriebsbereich der Modellanlage ist markiert

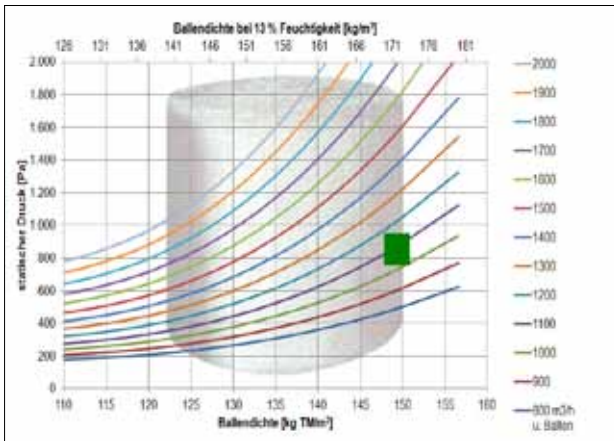


Bild 14: Statischer Druck für Rundballen mit 1,5 m Durchmesser

Ein eher geringer Luft-Volumenstrom ist bei wenig druckstabilen Ventilatoren, aber auch im Entfeuchterbetrieb sinnvoll. Besonders bei Warmluft- oder Entfeuchterbetrieb sollte zumindest der Luftzufuhrkanal wärmeisoliert sein (z.B. 3 cm starke Hartschaumplatten), eine Wärmedämmung des Gebäudes ist sinnvoll. Bei Entfeuchtung empfiehlt sich auch eine enge Abtrennung des Ballenbereiches (z.B. durch eine Rollplane). Nach einem groben Richtwert für die Antriebsleistung des Ventilators kann bei Rundballentrocknung mit etwa 0,4 bis 0,7 kW je Ballen gerechnet werden.

Die Modellanlage

Die Ballentrocknung Fink (Bild 3) arbeitet mit insgesamt 57 Ballen getrennt in zwei Etagen und je einem Ventilator pro Etage. Im Umluftsystem werden beide Etagen von einem leistungsfähigen Entfeuchter bedient. Einer Lüfterleistung von 11 und 18 kW steht eine sehr groß dimensionierte Entfeuchterleistung von etwa dem doppelten Wert gegenüber. Der Volumenstrom je Ballen wurde über Frequenzwandler auf rund 1.100 bis 1.200 m³/h reduziert. Dabei wurde ein moderater statischer Druck im Bereich von 740 bis 960 Pa gemessen. Bei mehreren Trocknungschargen wurde das Ballengewicht vor der Trocknung, beim Wenden und nach der Trocknung festgestellt. Damit stehen in Verbindung mit der Stromzählerablesung zuverlässige Daten zum Energieverbrauch und den Energiekosten zur Verfügung.

Letztere liegen bei einem Tarif von rund 0,14 €/kWh im Bereich von 0,7 und 1,5 Cent/kg Heu. Ursprünglich vorhandene Ballenlöcher mit 90 cm Durchmesser wurden mit einem Adapter auf 1,43 m vergrößert. Die Anlage ist mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung ausgestattet. Damit können Ventilatoren und der Entfeuchter über Frequenzwandler automatisch bedient werden. Die Trocknungszeit lag je nach Frischgutfeuchte im Bereich von 16 bis 36 Stunden. Wegen beschränkter Arbeitszeiten wurde meist gegen Abend um etwa 17 h gemäht und aufbereitet, am nächsten Tag etwa um dieselbe Zeit gepresst. Frische Ballen erreichten ein Gewicht bis zu 930 kg. Die Frischgutfeuchte schwankte in weiten Grenzen von 24 bis 38 %. Pro Ballen wurden bis zu rund 200 kg Wasser abgetrocknet. Die maximale Frischdichte betrug 305 kg/m³ entsprechend 224 kg/m³ Trockenmassedichte. Trotzdem wurden auch solche Ballen trocken.

Bedienung

Der Erfolg mit einer Ballentrocknung steht und fällt mit geeignet gepressten Ballen. Gut belüftbar sind Ballen mit gleichmäßigem Dichteverlauf. Die Ballendichten sollten im Bereich von 110 bis 130 (höchstens 150) kg Heu-TM/m³ bleiben.



Bild 16: Stabgurtpresse geöffnet

Zumindest im äußeren Stirnseitenbereich sollte man die ganze Hand mit ausgestreckten Fingern noch einstoßen können. Der Ballendurchmesser sollte weder zu klein, noch extrem groß sein. Bewährt sind Durchmesser im Bereich von 1,3 bis 1,6 m, maximal bis 1,8 m. Sehr große und lockere Ballen sind oft wenig stabil, am ehesten ist das noch bei Pressen mit Stabgurt der Fall.

Zum Pressen sollte ein breiter Doppelschwad gebildet werden. Je

nach Pressentyp und Hersteller liegt der zulässige Druck am Manometer der Presse bei 60 bis 80 bar. Pressen mit variabler Kammer liefern eher Ballen mit gleichmäßigerer Dichte als solche mit Konstantkammer. Bei Konstantkammer-Pressballen strömt die Trocknungsluft im lockeren Ballenkern verstärkt ab. Besonders bei solchen Ballen ist es zweckmäßig, eine offene obere Stirnseite mit einem Deckel samt Blechkranz abzuschließen. Bei neueren Pressen kann der Dichteverlauf eingestellt werden.

Für Ballenbelüftung sollte der Trockenmassegehalt des Frischguts eher über 65 bis 70 % liegen. Das entspricht typischerweise einer Vorwelkzeit von einem Tag bei zwei- bis dreimaligem Einsatz eines Kreiselzettwenders. Je nach Ertrag und Ballendurchmesser rechnet man mit 4 bis 12 Ballen je ha. Bei einem Durchmesser von 1,5 m kann man bei Wiesenheu von gut 8 Ballen/ha mit einem Frischgewicht von je rund 450 kg ausgehen. Schwierig zu trocknen ist wegen des hohen Strömungswiderstandes Kleeheu, leicht dagegen grobstängeliges Futter wie Luzerne. Es empfiehlt sich eine Kontrolle des statischen Druckes der Anlage mit einem U-förmig verlegten PVC-Schlauch. Ein Schlauchende ist dabei offen, das zweite mündet beispielsweise in den Blechkranz oder in den Ballenkanal. Empfehlenswert ist das einmalige Wenden der Ballen zum Ausgleich schlecht belüfteter Stellen.



Bild 17: Einfache Druckmessung mit 8 mm PVC-Schlauch. Im Bild wird knapp 90 mm Wassersäule entsprechend rund 900 Pa gemessen.



Bild 18: Feuchtigkeitskontrolle mit einem Rundstahldorn



Bild 19: Rundballen am Betrieb Franz Fink auf der Dezialwaage. Rechts Ballen mit Gewichtsdaten

Erst wenn sich ein Rundstahldorn an allen Stellen ohne großen Widerstand in die Ballen einstoßen lässt, sind die Ballen fertig getrocknet. Feuchte Stellen sind zäh und bieten daher einen starken Widerstand. Ähnlich wie bei Boxentrocknungen sollten äußerlich trocken erscheinende Ballen nachbelüftet werden. Mit speicherprogrammierbaren Steuerungen kann Trocknungszeit, Intervall-Nachtrocknung oder in Verbindung mit einem Frequenzwandler auch der Luftdurchsatz beeinflusst werden. Ebenso ist eine automatische Umschaltung zwischen Umluft- und Frischluftbetrieb möglich.

Literaturverzeichnis:

- [1] HOLPP, M. (2004): Trocknung von Rundballen, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit. Fachtagung Landtechnik – Tänikon, 10.03.2004.
- [2] HOLPP, M. (2004): Trocknung von Rundballen - Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit. FAT Bericht Nr. 616/ 2004. Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon TG, auch verfügbar unter: http://www.blb.bmlfuw.gv.at/vero/veranst/041_LT_im_Alpenraum_Tagung9/Referate/03_TrocknungvonRundballen%28HolppMartin%29.pdf (Zugriff 2. Februar 2013).
- [3] PÖLLINGER A., H. WEINGARTMANN, F. HANDLER, E. BLUMAUER und J. PAAR (2008): Pressdichte bei Heubelüftung. Der fortschrittliche Landwirt, Heft 5, 2008 oder https://www.dafne.at/prod/dafne_plus_common/attachment_download/205f87610e0fdbf490e5097a09babd60/VT_Heu-Rundballen_Pressdichte_Teil_2_final.pdf. (Zugriff 2. Februar 2013).
- [4] DeBUSK, K.E. and G.F. GRANDLE: Drying, Handling, Storing an Feeding Hay in Tennessee. The University of Tennessee Agricultural Extension Service PB1255. <http://bioengr.ag.utk.edu/Extension/ExtPubs/PB1255.pdf> (Zugriff 2. Februar 2013).