

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 8006/2014  
(22) Anmeldetag: 22.11.2013  
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2015

(51) Int. Cl.: **F26B 3/06** (2006.01)  
**F26B 21/10** (2006.01)  
**F26B 21/12** (2006.01)  
**G05D 7/00** (2006.01)  
**G05D 23/00** (2006.01)

(66) Umwandlung von GM 393/2013

(56) Entgegenhaltungen:  
US 2010229420 A1  
WO 2008035298 A2  
US 6318000 B1  
JP 2001255064 A

(73) Patentinhaber:  
Heutrocknung SR GmbH  
5204 Straßwalchen (AT)

(72) Erfinder:  
Reindl Josef  
5204 Straßwalchen (AT)

(74) Vertreter:  
KLIMENT & HENHAPEL PATENTANWÄLTE  
OG  
WIEN

(54) **Verfahren zum Trocknen von Trocknungsgut**

(57) Verfahren zum Trocknen von Trocknungsgut in einer Belüftungsbox (2). Um einen optimierten Energieverbrauch zu ermöglichen, der niedrig ist und möglichst keine Spitzen aufweist, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Verfahren zumindest in einer Anfangsphase die folgenden Schritte umfasst:

- Reduzierung der angesaugten Luftmenge auf einen Minimalwert durch Regelung der Leistung mindestens eines Ventilators (4) auf einen Minimaleistungswert;
- Regelung der Leistung eines Luftentfeuchters (5) auf einen Maximaleistungswert, wobei die Summe aus Minimaleistungswert und Maximaleistungswert kleiner gleich einem festgelegten Gesamtleistungswert ist;
- Regelung der Leistung des Luftentfeuchters (5) auf einen Wert kleiner als der Maximaleistungswert und Regelung der Leistung des mindestens einen Ventilators (4) auf einen Wert größer als der Minimaleistungswert, um die angesaugte Luftmenge auf einen Sollwert zu erhöhen, sobald eine Innentemperatur der in der Belüftungsbox (2) befindlichen Luft einen vorgegebenen Wert übersteigt, wobei die Summe aus den Leistungen des Luftentfeuchters (5) und des mindestens einen Ventilators (4) kleiner gleich dem Gesamtleistungswert ist.

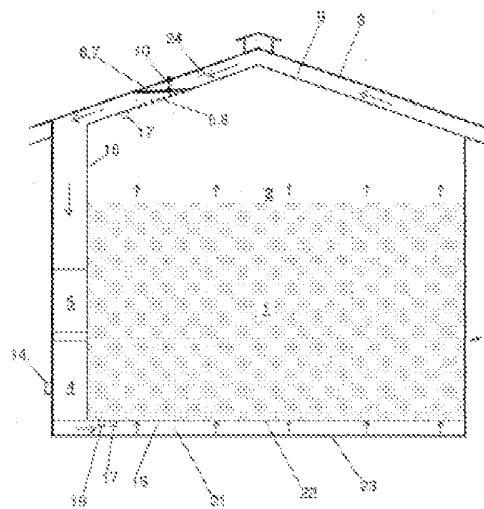


Fig. 1

## Beschreibung

### GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Trocknen von Trocknungsgut, vorzugsweise Heu, wobei das Trocknungsgut in eine Belüftungsbox mit einer anströmbaren Boxenfläche aufgegeben wird, wobei mittels mindestens eines steuerbaren Ventilators Luft angesaugt und zumindest teilweise einem steuerbaren Luftentfeuchter zugeführt wird, in welchem die Luft entfeuchtet wird, und wobei die zumindest teilweise entfeuchtete Luft mittels des mindestens einen Ventilators in die Belüftungsbox auf die anströmbare Boxenfläche eingeblasen wird.

### STAND DER TECHNIK

**[0002]** Bei der Trocknung von Heu, das in der Landwirtschaft als ideales Futter für Rinder eingesetzt werden kann, ist es bekannt, Luft zu entfeuchten und durch das Trocknungsgut zu blasen. Hierfür wird das Trocknungsgut in einer Belüftungsbox platziert. Die Luft wird über einen Ventilator angesaugt, einem Luftentfeuchter zugeführt und anschließend in die Belüftungsbox eingeblasen.

**[0003]** Um die Trocknung sinnvoll durchführen zu können, darf die Luft nicht zu kalt sein und muss ggf. angewärmt werden. Zudem kann die Luft auch gezielt angeheizt werden, um die Trocknungsleistung weiter zu erhöhen. Gleichzeitig ist es für die Trocknung wichtig, dass eine hinreichend große Menge an entfeuchteter Luft in die Belüftungsbox bzw. durch das Heu geblasen wird. Dies kann einen sehr hohen Energieverbrauch zur Folge haben. Zudem können sehr hohe Energieverbrauchsspitzen auftreten, in Abhängigkeit davon, wie kalt die verwendete Luft ist bzw. wie stark die Luft angewärmt werden muss, um sie zum Trocknen verwenden zu können. Entsprechend großzügig müssen die Energieversorgungsanlagen, z.B. elektrische Anlagen, dimensioniert werden, was wiederum erhebliche Kosten verursacht.

### AUFGABE DER ERFINDUNG

**[0004]** Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Trocknung von Heu zur Verfügung zu stellen, das einen optimierten Energieverbrauch aufweist, der einerseits grundsätzlich niedrig ist und andererseits möglichst keine Spitzen aufweist.

### DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0005]** Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, dass zur Vermeidung von Energieverbrauchsspitzen ein Gesamtleistungswert festgelegt wird, der der Summe aus einer mittleren Leistungsaufnahme eines steuerbaren Ventilators und eines steuerbaren Luftentfeuchters entspricht. Vorzugsweise erfolgt die Steuerung des Ventilators und des Luftentfeuchters mit Frequenzumrichtern. Hierbei wird die Leistungsaufnahme des Ventilators durch Regelung seiner Drehzahl eingestellt; die Leistungsaufnahme des Luftentfeuchters wird im Wesentlichen durch die Leistung eines Kompressors des Luftentfeuchters bestimmt.

**[0006]** In der Folge werden der Ventilator und der Luftentfeuchter so geregelt, dass die Summe aus deren Leistungen stets kleiner gleich dem Gesamtleistungswert ist, wobei eine Innentemperatur der Luft in der Belüftungsbox berücksichtigt wird. Somit ist es möglich, die Energieversorgung auf den Gesamtleistungswert bezogen zu dimensionieren und nicht größer auslegen zu müssen.

**[0007]** Daher ist es bei einem Verfahren zum Trocknen von Trocknungsgut, vorzugsweise Heu, wobei das Trocknungsgut in eine Belüftungsbox mit einer anströmbaren Boxenfläche aufgegeben wird, wobei mittels mindestens eines steuerbaren Ventilators Luft angesaugt und zumindest teilweise einem steuerbaren Luftentfeuchter zugeführt wird und wobei die zumindest teilweise entfeuchtete Luft mittels des mindestens einen Ventilators in die Belüftungsbox auf die anströmbare Boxenfläche eingeblasen wird, erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Verfahren

zumindest in einer Anfangsphase die folgenden Schritte umfasst:

**[0008]** - Reduzierung der angesaugten Luftmenge auf einen Minimalwert durch Regelung der Leistung des mindestens einen Ventilators auf einen Minimalleistungswert;

**[0009]** - Regelung der Leistung des Luftentfeuchters auf einen Maximalleistungswert, wobei die Summe aus Minimalleistungswert und Maximalleistungswert kleiner gleich einem festgelegten Gesamtleistungswert ist;

**[0010]** - Regelung der Leistung des Luftentfeuchters auf einen Wert kleiner als der Maximalleistungswert und Regelung der Leistung des mindestens einen Ventilators auf einen Wert größer als der Minimalleistungswert, um die angesaugte Luftmenge auf einen Sollwert zu erhöhen, sobald eine Innentemperatur der in der Belüftungsbox befindlichen Luft einen vorgegebenen Wert übersteigt, wobei die Summe aus den Leistungen des Luftentfeuchters und des mindestens einen Ventilators kleiner gleich dem Gesamtleistungswert ist.

**[0011]** Dabei wird ständig die Stromaufnahme des Ventilators und des Luftentfeuchters gemessen, und es wird fortlaufend die angesaugte Luftmenge (in  $m^3$ ) pro Zeiteinheit (h) und pro Quadratmeter Boxenfläche ( $m_B^2$ ) bestimmt. Weiters wird die Innentemperatur vorzugsweise in einem Endbereich der Belüftungsbox gemessen, wobei das Trocknungsgut bzw. Heu zwischen einem Anfangsbereich der Belüftungsbox und dem Endbereich, auf der anströmbaren Boxenfläche angeordnet ist.

**[0012]** In aufwendigen Versuchen konnte ein insbesondere für die Trocknung von Heu optimaler Bereich für den Minimalwert der angesaugten Luftmenge ermittelt werden. Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass der Minimalwert der angesaugten Luftmenge zwischen  $200 m^3/h/m_B^2$  und  $300 m^3/h/m_B^2$ , vorzugsweise bei  $250 m^3/h/m_B^2$  liegt.

**[0013]** Für ein optimales Trocknungsergebnis bzw. für ein rasches Trocknen ist eine geeignete Wahl des Sollwerts der angesaugten Luftmenge wichtig. Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass der Sollwert der angesaugten Luftmenge zwischen  $350 m^3/h/m_B^2$  und  $600 m^3/h/m_B^2$ , vorzugsweise bei  $400 m^3/h/m_B^2$  liegt.

**[0014]** Bevorzugt liegt das Heu im Wesentlichen lose in der Belüftungsbox vor, d.h. insbesondere nicht in Form von Rundballen. Selbstverständlich ist aber auch die Trocknung des Heus in Rundballenform möglich. In diesem Fall wird die anströmbare Boxenfläche auf jene Fläche beschränkt, auf der der bzw. die Rundballen aufliegt bzw. aufliegen. Dies kann bevorzugt so realisiert werden, dass jeweils ein zu trocknender Rundballen über jeweils einer Öffnung in einem Anfangsbereich der Belüftungsbox angeordnet wird, wobei die für das Trocknen verwendete Luft durch die Öffnung in die Belüftungsbox bzw. direkt auf den jeweiligen Rundballen eingeblasen wird. Die Öffnung kann als kreisrundes Loch ausgeführt sein und ist auf den Durchmesser der Rundballen angepasst, d.h. der Durchmesser der Öffnung entspricht im Wesentlichen dem Durchmesser des Rundballens und beträgt daher z.B. zwischen 1,2 m und 2 m. Damit der Rundballen nicht in die Öffnung hinein fällt, kann die Öffnung beispielsweise mit einem Gitter abgedeckt sein. Entsprechend ergeben sich in diesem Fall Sollwerte der angesaugten Luftmenge von z.B. ca.  $850 m^3/h$  bis  $2000 m^3/h$  pro Öffnung bzw. pro Rundballen.

**[0015]** Schließlich konnte in aufwendigen Versuchen ein insbesondere für die Trocknung von Heu optimaler Bereich für den vorgegebenen Wert für die Innentemperatur ermittelt werden. Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass der vorgegebene Wert für die Innentemperatur  $20^\circ C$  bis  $28^\circ C$ , vorzugsweise  $20^\circ C$  bis  $25^\circ C$  beträgt.

**[0016]** Wie bereits festgehalten, umfasst der Luftentfeuchter einen Kompressor. Weiters umfasst der Luftentfeuchter einen Verdampfer und einen Kondensator. Im Verdampfer wird Kältemittel durch die Wärme der angesaugten und durch den Verdampfer strömenden Luft verdampft. Hierdurch wird die angesaugte Luft unter den Taupunkt abgekühlt, und es kommt zu

einer Kondensation von Wasser auf der kalten Oberfläche des Verdampfers, wobei das Wasser in der Folge vom Verdampfer abrinnt bzw. abtropft. Entsprechend ist die Luft in einer Durchströmungsrichtung gesehen hinter dem Verdampfer entfeuchtet. Mittels des Kompressors wird das gasförmige Kältemittel verdichtet und dem Kondensator zugeführt, wo das heiße gasförmige Kältemittel kondensiert. Bei der Kondensation gibt das Kältemittel latente Wärme ab, sodass der Kondensator zum Anwärmen der entfeuchteten Luft verwendet werden kann. Darüberhinaus gibt natürlich auch der Kompressor Wärme ab, die ebenfalls zum Anwärmen der entfeuchteten Luft verwendet werden kann. D.h. ein Anwärmen der entfeuchteten Luft ist grundsätzlich ohne zusätzliche Wärmequellen, wie z.B. eine elektrische Heizung, möglich.

**[0017]** Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass die Luft, nachdem sie durch einen Verdampfer des Luftentfeuchters geführt worden ist, angewärmt wird, vorzugsweise mittels eines Kondensators des Luftentfeuchters und/oder mittels eines Kompressors des Luftentfeuchters.

**[0018]** Neben dem Anwärmen der Luft ist es für die Erreichung des vorgegebenen Werts der Innentemperatur wichtig, dass keine kalte Luft von außerhalb der Belüftungsbox angesaugt wird. Umgekehrt ist es jedoch für die Erreichung des vorgegebenen Werts der Innentemperatur günstig, Luft von außerhalb der Belüftungsbox anzusaugen, wenn diese Luft eine Außentemperatur aufweist, die entsprechend groß, vorzugsweise größer als die Innentemperatur ist. Auf diese Weise kann die Leistung des Luftentfeuchters weiter reduziert werden, da die Luft weniger stark im Luftentfeuchter angewärmt werden muss, um den vorgegebenen Wert der Innentemperatur zu erreichen.

**[0019]** Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass in einem ersten Modus die Luft lediglich aus der Belüftungsbox angesaugt wird, dass in einem zweiten Modus die Luft zumindest teilweise von außerhalb der Belüftungsbox angesaugt wird und dass ein Hin- und Herschalten zwischen dem ersten Modus und dem zweiten Modus in Abhängigkeit von der Innentemperatur und/oder einer Außentemperatur der von außerhalb der Belüftungsbox angesaugten Luft und/oder der Differenz zwischen der Innentemperatur und der Außentemperatur erfolgt.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

**[0020]** Die Erfindung wird nun anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Zeichnungen sind beispielhaft und sollen den Erfindungsgedanken zwar darlegen, ihn aber keinesfalls einengen oder gar abschließend wiedergeben.

**[0021]** Dabei zeigt:

**[0022]** Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Trocknen von Heu gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren

**[0023]** Fig. 2 eine schematische Ansicht eines Luftentfeuchters der Vorrichtung aus Fig. 1

#### WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

**[0024]** In Fig. 1 ist schematisch eine Vorrichtung zum Trocknen von Heu 1 dargestellt, wobei ein erfindungsgemäßes Verfahren eingesetzt werden kann. Das Heu 1 ist in einer Belüftungsbox 2 zwischen einem Anfangsbereich 15 und einem Endbereich 16 angeordnet. Die Belüftungsbox 2 ist mit einem Dach 3 überdacht, sodass das Heu 1 vor Witterungseinflüssen geschützt ist.

**[0025]** Das Heu 1 liegt auf einer Boxenfläche 22 auf. Die Boxenfläche 22 ist mit Luft anströmbar, indem die Boxenfläche 22 beispielsweise durch ein Baustahlgitter realisiert wird, das auf Rostträgern (nicht dargestellt) aufliegt und in einem gewissen Abstand, beispielsweise 40 cm, über einem Boden 23 angeordnet ist. Hierdurch wird im Anfangsbereich 15 ein Luftkanal 21 ausgebildet, durch den Luft auf die Boxenfläche 22 bzw. in die Belüftungsbox 2 einblasbar ist.

**[0026]** Um die Luft in bzw. durch die Belüftungsbox 2 zu blasen, weist die in Fig. 1 gezeigte

Vorrichtung zur Heutrocknung einen Ventilator 4 auf, wobei die Pfeile in Fig. 1 mögliche Luftströme symbolisieren. Die in die Belüftungsbox 2 einzublasende Luft wird zunächst mittels des Ventilators 4 angesaugt, wobei vorzugsweise die gesamte angesaugte Luft durch einen Luftentfeuchter 5 gesaugt wird, in welchem Luftentfeuchter 5 die Luft entfeuchtet wird.

**[0027]** Der Luftdurchsatz kann durch eine Steuerung des Ventilators 4 beeinflusst werden, d.h. die Menge an angesaugter Luft und damit die Menge an in die Belüftungsbox 2 eingeblasener Luft kann reguliert werden. Hierbei ist außerdem zu berücksichtigen, dass die Dichte des Heus 1 variieren kann - typischerweise zwischen  $100 \text{ kg/m}^3$  bis  $250 \text{ kg/m}^3$  -, womit ein unterschiedlicher Widerstand für die in die Belüftungsbox 2 eingeblasene Luft einhergeht. Entsprechend muss die Leistung bzw. die Drehzahl des Ventilators 4 steuerbar sein, wobei hierfür Frequenzumrichter vorgesehen sind (nicht dargestellt).

**[0028]** Zur Überwachung des Drucks der Luft, die in die Belüftungsbox 2 eingeblasen wird, ist im Anfangsbereich 15 ein Drucksensor 19 angeordnet. Wird der Druck im Anfangsbereich 15 bzw. ein sich ergebender Differenzdruck zwischen Anfangsbereich 15 und Endbereich 16 zu groß, kann der Ventilator 4 entsprechend zurückgeregelt werden. Dies kann dann notwendig sein, wenn die Dichte des Heus 1 zu hoch ist und den Luftdurchsatz zu stark beeinträchtigt.

**[0029]** Vorzugsweise werden Frequenzumrichter außerdem auch zur Steuerung der Leistung des Luftentfeuchters 5 bzw. eines Kompressors 13 des Luftentfeuchters 5 eingesetzt, wobei der Kompressor 13 in Fig. 2, die ein vereinfachtes Schema des Aufbaus des Luftentfeuchters 5 zeigt, erkennbar ist. Wie aus Fig. 2 ebenfalls hervorgeht, umfasst der Luftentfeuchter 5 weiters einen Verdampfer 11 und einen Kondensator 12. Im Verdampfer wird Kältemittel durch die Wärme der angesaugten und durch den Verdampfer 11 strömenden Luft verdampft. Hierdurch wird die angesaugte Luft unter den Taupunkt abgekühlt, und es kommt zu einer Kondensation von Wasser auf der kalten Oberfläche des Verdampfers 11, wobei das Wasser in der Folge vom Verdampfer 11 abrinnt bzw. abtropft.

**[0030]** Entsprechend ist die Luft in einer Durchströmungsrichtung 20 gesehen hinter dem Verdampfer 11 entfeuchtet. Mittels des Kompressors 13 wird das gasförmige Kältemittel verdichtet und dem Kondensator 12 zugeführt, wo das heiße gasförmige Kältemittel kondensiert. Bei der Kondensation gibt das Kältemittel latente Wärme ab, sodass der Kondensator 12 zum Anwärmen der entfeuchteten Luft verwendet werden kann. Darüberhinaus gibt natürlich auch der Kompressor 13 Wärme ab, die ebenfalls zum Anwärmen der entfeuchteten Luft verwendet werden kann. D.h. ein Anwärmen der entfeuchteten Luft ist zwar grundsätzlich mit zusätzlichen Wärmequellen, wie z.B. mit einer zusätzlichen elektrischen Heizung möglich, aber nicht notwendig, wenn die ohnehin vorhandenen Wärmequellen, d.h. Kondensator 12 und/oder Kompressor 13, richtig genutzt werden. Um den Kondensator 12 und den Kompressor 13 für das Anwärmen der entfeuchteten Luft optimal nutzen zu können, ist der Kondensator 12 in der Durchströmungsrichtung 20 gesehen hinter dem Verdampfer 11 angeordnet und der Kompressor 13 zwischen Verdampfer 11 und Kondensator 12.

**[0031]** Die Vorrichtung der Fig. 1 weist außerdem eine Umschaltklappe 6 auf, die im Endbereich 16 angeordnet ist und mittels eines elektrischen Zylinders 10 zwischen einer ersten Position 7 und einer zweiten Position 8 hin und her bewegt werden kann. In der in Fig. 1 gezeigten ersten Position 7 bewirkt die Umschaltklappe 6, dass Luft lediglich aus der Belüftungsbox 2 angesaugt werden kann. Diese Luft wird in der Folge dem Luftentfeuchter 5 zugeführt und wieder in die Belüftungsbox 2 eingeblasen. D.h. es liegt in diesem Fall ein geschlossener Luftkreislauf in der Vorrichtung zur Heutrocknung vor.

**[0032]** In der zweiten Position 8 hingegen, die in Fig. 1 durch die strichlierte Linie angedeutet ist, wird die Luft vorzugsweise vollständig von außen bzw. von außerhalb der Belüftungsbox 2 angesaugt. Konkret ist hierfür ein Luftkanal 9 unter dem Dach 3 ausgebildet. Durch das Entlangführen der von außen angesaugten Luft unter dem Dach 3 wird eine Wärmeübertragung zwischen dieser Luft und dem Dach 3 begünstigt. Wenn das Dach 3 aufgrund der Sonneneinstrahlung warm ist, kann auf diese Weise die von außen angesaugte Luft - letztlich durch Sonnenenergie - angewärmt werden. Die Umschaltklappe 6 ermöglicht es somit, von außen an-









