(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 073 216 A1**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.09.2016 Patentblatt 2016/39

(21) Anmeldenummer: **16163301.1**

(22) Anmeldetag: **24.11.2014**

(51) Int Cl.:
F26B 21/04 *(2006.01)* ***F26B 21/08*** *(2006.01)*
F24F 3/14 *(2006.01)* ***F28F 9/02*** *(2006.01)*
F28D 1/047 *(2006.01)*

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **22.11.2013 AT 3922013 U**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
14194496.7 / 2 876 397

(71) Anmelder: **Heutrocknung SR GmbH**
5204 Straßwalchen (AT)

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

(74) Vertreter: **KLIMENT & HENHAPEL**
Patentanwälte OG
Singerstrasse 8/3/9
1010 Wien (AT)

Bemerkungen:
Diese Anmeldung ist am 31-03-2016 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) LUFTENTFEUCHTER ZUM ENTFEUCHTEN VON LUFT ZUR TROCKNUNG VON HEU

(57) Luftentfeuchter (5) zum Entfeuchten von Luft zur Trocknung von Trocknungsgut, der Luftentfeuchter umfassend einen Verdampfer (11) und einen Kondensator (12), wobei der Kondensator (12) in einer Durchströmungsrichtung (22) gesehen hinter dem Verdampfer (11) angeordnet ist und wobei der Verdampfer (11) von zu entfeuchtender Luft in der Durchströmungsrichtung (22) durchströmbar ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Verdampfer (11) und/oder der Kondensator (12) mindestens eine Rohrreihe, vorzugsweise mehrere Rohrreihen, besonders bevorzugt vier Rohrreihen (43a-d, 46a-d) umfasst, dass die mindestens eine Rohrreihe (43a-d, 46a-d) eine Vielzahl von Rohren (42, 45) für Kältemittel umfasst, wobei die Rohre (42, 45) quer zur Durchströmungsrichtung (22) und übereinander angeordnet sind, und dass die Rohre (42, 45) in mehrere übereinander angeordnete Pakete (50, 49) unterteilt sind, wobei für jedes Paket ein eigener Verteilerkopf (40) bzw. ein eigenes Verteilerrohr (44) vorgesehen ist, über welchen bzw. welches dem jeweiligen Paket (50, 49) Kältemittel zuführbar ist.

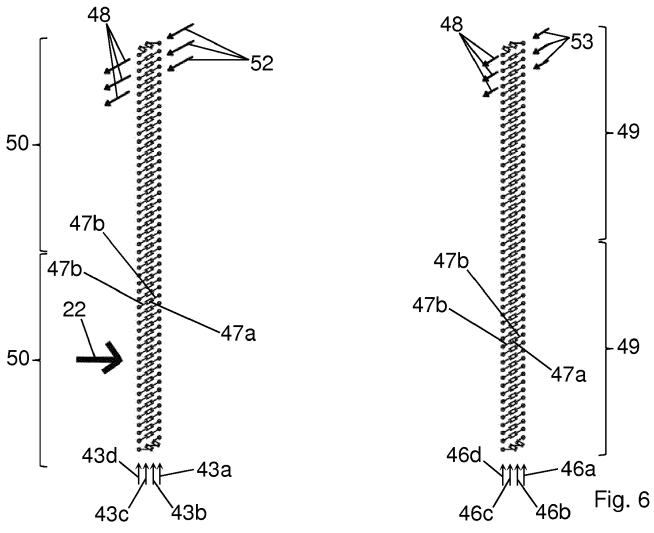


Fig. 6

EP 3 073 216 A1

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Luftentfeuchter zum Entfeuchten von Luft zur Trocknung von Heu, der Luftentfeuchter umfassend einen Verdampfer und einen Kondensator, wobei der Kondensator in einer Durchströmungsrichtung gesehen hinter dem Verdampfer angeordnet ist und wobei der Verdampfer von zu entfeuchtender Luft in der Durchströmungsrichtung durchströmbar ist.

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 zu beschleunigen, kann die zur Trocknung verwendete Luft angeheizt werden. Wesentlich ist dabei aber, dass eine hinreichend große Menge an entfeuchteter Luft in die Belüftungsbox bzw. durch das Heu geblasen werden kann. Bekannte Luftentfeuchter beschränken jedoch den Luftdurchsatz wesentlich oder bieten bei hohem Luftdurchsatz nur unbefriedigende Entfeuchtungsleistungen.

[0004] Aus der EP 1559470 A1 ist ein Druckgastrockner mit einem Behälter bekannt, der einen Teil einer Gruppe von Wärmetauschern mit einer Wärmerückgewinnungsvorrichtung und einem Verdampfer umschließt. Der Trockner weist ein Kondensatentwässerungssystem auf, wobei ein Sensor vorgesehen ist, um das Kondensatniveau im Behälter zu erfassen. Der Verdampfer ist ein Gas-Kühlmittel-Wärmetauscher mit einem Kühlmittelkreislauf. Bei der Wärmerückgewinnungsvorrichtung handelt es sich um einen Gas-Gas-Wärmetauscher, welcher einen Vorkühlabschnitt und einen Heizabschnitt aufweist, d.h. die Wärmerückgewinnungsvorrichtung ist nicht Teil des Kühlmittelkreislaufs. Hohe Strömungsgeschwindigkeiten der Luft werden nicht behandelt.

AUFGABE DER ERFINDUNG

[0005] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen verbesserten Luftentfeuchter zum Entfeuchten von Luft zur Trocknung von Heu zur Verfügung zu stellen, der einen hohen Luftdurchsatz bei gleichbleibender Entfeuchtungsleistung gewährleistet, um in der Folge hohe Trocknungseffekte zu ermöglichen.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0006] Ein Luftentfeuchter zur Entfeuchtung von angesaugter Luft weist einen Verdampfer auf, in welchem Kältemittel durch die Wärme der angesaugten Luft, die den Verdampfer in einer Durchströmungsrichtung durchströmt, verdampft wird. Hierdurch wird die angesaugte Luft unter den Taupunkt abgekühlt, und es kommt zu einer Kondensation von Wasser auf der kalten Oberfläche des Verdampfers. Das Wasser rinnt bzw. tropft in der Folge vom Verdampfer ab. Um das abtropfende Wasser aufzufangen, ist eine Abtropfwanne unter dem Verdampfer angeordnet. Weiters weist der Luftentfeuchter einen Kondensator auf, der in Durchströmungsrichtung gesehen hinter dem Verdampfer angeordnet ist.

[0007] Um nun den Luftdurchsatz zu steigern und in der Folge den Trocknungseffekt zu erhöhen, muss bei gleich bleibendem durchströmbarem Querschnitt des Luftentfeuchters bzw. des Verdampfers die Strömungsgeschwindigkeit der Luft gesteigert werden. Dies führt jedoch dazu, dass das abtropfende Wasser verstärkt von der den Luftentfeuchter durchströmenden Luft in Durchströmungsrichtung verfrachtet wird. Entsprechend landet das abtropfende Wasser nicht mehr in der Abtropfwanne. Die Verfrachtung kann sogar soweit gehen, dass das Wasser bis auf den Kondensator geblasen wird, der als Barriere wirkt, und von dort abtropft. Das Wasser, das nicht in die Abtropfwanne abtropft kann klarerweise große Probleme verursachen, insbesondere wenn Gefahr besteht, dass das Wasser in der Folge bis zu elektrischen Schaltkreisen gelangen kann. Dies kann jedoch verhindert werden, indem die Abtropfwanne so ausgelegt wird, dass sowohl der Verdampfer als auch der Kondensator über der Abtropfwanne angeordnet sind.

[0008] Entsprechend ist es bei einem Luftentfeuchter zum Entfeuchten von Luft zur Trocknung von Heu, der Luftentfeuchter umfassend einen Verdampfer und einen Kondensator, wobei der Kondensator in einer Durchströmungsrichtung gesehen hinter dem Verdampfer angeordnet ist und wobei der Verdampfer von zu entfeuchtender Luft in der Durchströmungsrichtung durchströmbar ist, erfindungsgemäß vorgesehen, dass eine Abtropfwanne vorgesehen ist, über welcher sowohl der Verdampfer als auch der Kondensator angeordnet sind.

[0009] Im Kondensator kondensiert das Kältemittel und gibt dabei latente Wärme ab. Dies kann zum Anwärmen der entfeuchteten Luft benutzt werden. In einer bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters ist es daher vorgesehen, dass auch der Kondensator von der entfeuchteten Luft durchströmbar ist. Auf diese Weise kann die entfeuchtete Luft angewärmt werden, was ebenfalls zu einer schnelleren Trocknung des Trocknungsguts beiträgt.

[0010] Bei den bei der Trocknung von Heu erreichbaren Strömungsgeschwindigkeiten der Luft bzw. Luftdurchsätzen ist zu erwarten, dass der größte Anteil des abtropfenden Wassers die Abtropfwanne zunächst in einem Bereich erreicht, der näher zum Verdampfer liegt

als zum Kondensator. Es wäre daher wünschenswert, könnte das Wasser von dort abgeführt werden. Jedoch kommt es insbesondere bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten der Luft dazu, dass die Luft das in der Abtropfwanne gesammelte Wasser in Richtung Kondensator treibt und sich praktisch über die gesamte Fläche der Abtropfwanne zwischen Verdampfer und Kondensator eine Wasserschicht ausbildet. Dies wirkt sich nachteilig dahingehend aus, dass die bereits entfeuchtete Luft auf ihrem Weg zwischen Verdampfer und Kondensator wieder Feuchtigkeit aufnehmen kann, wodurch wiederum die erzielte Entfeuchtung insgesamt vermindert wird.

[0011] Um der Ausbildung dieser großflächigen Wasserschicht entgegenzuwirken, ist es daher bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass die Abtropfwanne eine Stauleiste aufweist, die die Abtropfwanne in einen ersten Sammelabschnitt und einen zweiten Sammelabschnitt unterteilt, wobei über dem ersten Sammelabschnitt der Verdampfer angeordnet ist. Das im ersten Sammelabschnitt befindliche Wasser, das den Großteil des abgetropften Wassers ausmacht, wird somit von der durchströmenden Luft gegen die Stauleiste getrieben und kann sich nicht mehr über die gesamte Abtropfwanne ausbreiten. Natürlich landen auch nach wie vor im zweiten Sammelbereich Wassertropfen. Versuche haben jedoch gezeigt, dass deren Menge in der Praxis nicht groß genug ist, um eine geschlossene Wasserschicht über dem gesamten zweiten Sammelbereich auszubilden. Ein unerwünschtes Anfeuchten der Luft unmittelbar nach ihrer Entfeuchtung kann somit wirkungsvoll unterbunden werden.

[0012] Selbstverständlich muss dafür gesorgt werden, dass das gesammelte Wasser abgeführt werden kann, um ein Überlaufen der Abtropfwanne zu vermeiden. Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass zwischen dem ersten Sammelabschnitt und dem zweiten Sammelabschnitt eine Abflussöffnung der Abtropfwanne angeordnet ist. Um das Fließen des im zweiten Sammelabschnitt gesammelten Wassers in Richtung der Abflussöffnung zu fördern, kann entweder die gesamte Abflusswanne entsprechend geneigt werden oder es kann der zweite Sammelabschnitt mit einer entsprechenden Neigung ausgeführt sein. Aufgrund der Luftströmung wird das im ersten Sammelabschnitt befindliche Wasser jedenfalls in Richtung der Abflussöffnung getrieben.

[0013] Eine optimale Erreichbarkeit der Abflussöffnung - sowohl für das Wasser im ersten Sammelbereich als auch für das Wasser im zweiten Sammelbereich - ergibt sich, wenn die Abflussöffnung die Stauleiste unterbricht. Entsprechend ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass die Abflussöffnung die Stauleiste unterbricht. Vorzugsweise kann dabei die Abflussöffnung in Längsrichtung der Stauleiste gesehen mittig angeordnet sein, was ein besonders gleichmäßiges Abrinnen des gesammelten Wassers begünstigt.

[0014] Für eine optimale Wirkung der Stauleiste ist die Anordnung der Stauleiste, des Verdampfers und des Kondensators relativ zueinander entscheidend, wie in Versuchen ermittelt wurde. Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass der Verdampfer und der Kondensator einen Abstand zueinander aufweisen, der mindestens dreimal, vorzugsweise mindestens fünfmal so groß ist wie ein Abstand zwischen dem Verdampfer und der Stauleiste, wobei die Abstände in der Durchströmungsrichtung gemessen sind.

[0015] Hinsichtlich der absoluten Abmessungen sind die zu erzielenden absoluten Luftdurchsätze und/oder Strömungsgeschwindigkeiten zu berücksichtigen. Für die beim Trocknen von Heu üblicherweise zu erzielenden Luftdurchsätze von 200 m^3/h pro Quadratmeter Boxenfläche, m_B^2, bis 600 $m^3/h/m_B^2$, vorzugsweise 400 $m^3/h/m_B^2$ haben sich in Versuchen ein Abstand zwischen Verdampfer und Kondensator von mindestens 50 cm und/oder ein Abstand zwischen Verdampfer und Stauleiste von 7 cm bis 15 cm, vorzugsweise 10 cm als besonders günstig erwiesen. Dabei ist unter Boxenfläche die anströmbare Fläche der Belüftungsbox zu verstehen, in der das Heu zum Trocknen angeordnet ist, wobei das Heu auf der Boxenfläche angeordnet ist.

[0016] 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 Luftdurchsätze von 850 m^3/h bis 2000 m^3/h pro Öffnung bzw. pro Rundballen.

[0017] Entsprechend ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass der Abstand zwischen Verdampfer und Kondensator mindestens 50 cm beträgt. Ebenso ist es bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass der Abstand zwischen Verdampfer und Stauleiste 7 cm bis 15 cm, vorzugsweise 10 cm beträgt.

[0018] Der genannte Abstand zwischen Verdampfer und Kondensator erweist sich auch insofern als beson-

ders vorteilhaft, als dieser ausreichend groß ist, um bequem eine zusätzliche Wärmequelle zwischen Verdampfer und Kondensator anzuordnen. Mit der zusätzlichen Wärmequelle kann die entfeuchtete Luft zusätzlich angewärmt werden, um die Trocknung weiter zu begünstigen bzw. zu beschleunigen. Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass zwischen Verdampfer und Kondensator eine Wärmequelle angeordnet ist, um die durch den Verdampfer durchgetretene Luft zusätzlich anzuwärmen.

[0019] In diesem Fall, muss nicht unbedingt auf eine zusätzliche Heizung, z.B. eine zusätzliche elektrische Heizung, zurückgegriffen werden. Dies deshalb, da der Luftentfeuchter einen Kompressor umfasst, um das im Verdampfer verdampfte Kältemittel zu komprimieren. Da der Kompressor hierbei Wärme abgibt, eignet sich also der Kompressor als zusätzliche Wärmequelle, die zudem bequem zwischen Verdampfer und Kondensator untergebracht werden kann, ohne die Strömung der Luft vom Verdampfer zum Kondensator wesentlich zu beeinträchtigen. Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass der Luftentfeuchter einen Kompressor umfasst, der zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig die Wärmequelle ausbildet.

[0020] Abhängig von der Umgebungstemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit der zu entfeuchtenden Luft kann der Verdampfer sehr kalt werden. Dies kann soweit gehen, dass sich Eis an der Oberfläche des Verdampfers bildet, was jedoch die Entfeuchtungsleistung beeinträchtigt und daher unerwünscht ist. Um dies zu verhindern, ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass eine Bypass-Leitung und ein Umschaltventil vorgesehen sind, um Kältemittel, das im Verdampfer erhitzt und in den gasförmigen Zustand übergeführt worden ist, zumindest teilweise wieder dem Verdampfer - und nicht direkt dem Kondensator - zuzuführen. Das Umschaltventil ist nach dem Kompressor angeordnet und arbeitet vorzugsweise automatisiert, beispielsweise als thermostatgesteuertes Magnetventil. Indem also heißes gasförmiges Kältemittel, das im Verdampfer in den gasförmigen Zustand übergeführt worden ist, vom Kompressor zum Verdampfer über die Bypass-Leitung retour geführt wird, wird ein zu starkes Abkühlen des Verdampfers und damit Eisbildung am Verdampfer verhindert. Sollte am Verdampfer eine Eisbildung bereits eingesetzt haben, wird durch die Bypass-Leitung ein Abtauen des Verdampfers mittels des heißen gasförmigen Kältemittels ermöglicht. Wenn keine Gefahr des Vereisens des Verdampfers mehr besteht, d.h. wenn der Verdampfer warm genug ist und/oder die Umgebungstemperatur hinreichend hoch und/oder die relative Luftfeuchtigkeit hinreichend klein, bzw. wenn das Abtauen erfolgt ist, schaltet das Umschaltventil wieder um, und das heiße gasförmige Kältemittel wird wieder direkt vom Kompressor dem Kondensator zugeführt. Insbesondere ermöglichen die Bypass-Leitung und das Umschaltventil, dass der Kompressor mit sehr hoher Leistung betrieben werden kann, sodass eine hohe Leistung des Luftentfeuchters ermöglicht wird und gleichzeitig der Kompressor als besonders gute Wärmequelle für das Anwärmen der getrockneten Luft genutzt werden kann, ohne dass der Verdampfer vereist.

[0021] Der Verdampfer besteht aus Lamellen, in denen das Kühlmittel geführt wird, bzw. wird das Kühlmittel in Rohren geführt, zwischen denen die Lamellen angeordnet sind und mit denen die Lamellen wärmeleitend verbunden sind (z.B. durch Löten oder durch ein mechanisches Verpresssen bzw. Aufpressen, bei dem die Rohre aufgeweitet werden), um die Leistung des Verdampfers zu steigern. Die Lamellen weisen zueinander in einer Richtung normal auf die Durchströmungsrichtung einen Lamellenabstand auf, der das Durchströmen der zu entfeuchtenden Luft durch den Verdampfer bzw. zwischen den Lamellen ermöglicht. Versuche haben gezeigt, dass der Lamellenabstand an die beim Trocknen von Heu üblicherweise zu erzielenden Luftdurchsätze angepasst werden kann, um eine weitere Steigerung bzw. Optimierung der Luftentfeuchtungsleistung zu ermöglichen. Daher ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass der Verdampfer Lamellen aufweist, die zueinander in einer Richtung normal auf die Durchströmungsrichtung mit einem Lamellenabstand von 1,5 mm bis 2 mm, vorzugsweise von 1,8 mm beabstandet sind. Diese Werte haben sich als optimal für den Einsatz des Luftentfeuchters beim Trocknen von Heu erwiesen.

[0022] Wie bereits geschildert kondensiert Wasser aus der zu entfeuchtenden Luft auf dem Verdampfer bzw. auf den Lamellen des Verdampfers. Zwar rinnt bzw. tropft dieses Wasser von den Lamellen in die Abtropfwanne ab, doch beeinträchtigt das Wasser die Luftentfeuchtungsleistung, solange es sich auf den Lamellen befindet, da das Wasser auf den Lamellen den direkten Kontakt der zu entfeuchtenden Luft mit den Lamellen bzw. mit deren Oberfläche verhindert. Um diese Beeinträchtigung zu mindern bzw. die Luftentfeuchtungsleistung zu steigern, ist es daher bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass die Lamellen eine Antihaftbeschichtung aufweisen, um ein Abfließen von kondensiertem Wasser von den Lamellen zu begünstigen. Grundsätzlich eignet sich hierfür eine Vielzahl von an sich bekannten Antihaftbeschichtungen, die ein schnelleres Abfließen ermöglichen, beispielsweise Teflon oder Lacke. Insbesondere ist eine derartige Antihaftbeschichtung vorteilhaft, wenn die Lamellen aus Aluminium gefertigt sind. Aluminium bildet grundsätzlich an seiner Oberfläche eine Oxidschicht, die eine gewisse Rauigkeit und damit eine große Oberfläche mit sich bringt. Dies wiederum führt dazu, dass das Wasser über Kapillarwirkung verstärkt auf den Lamellen haftet. Die Beschichtung der Lamellen mit einer Antihaftbeschichtung bewirkt eine Verminderung der Rauigkeit der Lamellenoberfläche und damit eine Reduktion der Kapillarwirkung, sodass das Wasser besser ab-

tropfen kann.

[0023] Um zu verhindern, dass sich Schmutz und/oder Staub und/oder Insekten in den Lamellen des Verdampfers verfangen, ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass in Durchströmungsrichtung gesehen vor dem Verdampfer ein Gitter angeordnet ist, dessen Maschenweite kleiner als der Lamellenabstand ist. Dies ist insbesondere bei dem genannten, relativ kleinen Lamellenabstand wichtig, da dieser relativ kleine Lamellenabstand relativ leicht durch Schmutz/Staub/Insekten oder ähnliches verstopft werden kann, was sich wiederum negativ auf den Luftdurchsatz auswirken würde.

[0024] Wie bereits gesagt, wird das Kältemittel im Verdampfer durch Rohre geführt, die mit den Lamellen wärmeleitend verbunden sind. Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters ist es vorgesehen, dass der Verdampfer mindestens eine Rohrreihe, vorzugsweise mehrere Rohrreihen, besonders bevorzugt vier Rohrreihen umfasst, dass die mindestens eine Rohrreihe eine Vielzahl von Rohren für Kältemittel umfasst, wobei die Rohre quer zur Durchströmungsrichtung und übereinander angeordnet sind, und dass die Rohre in mehrere übereinander angeordnete Pakete unterteilt sind, wobei für jedes Paket ein eigener Verteilerkopf vorgesehen ist, über welchen dem jeweiligen Paket Kältemittel zuführbar ist. Hierdurch wird gewährleistet, dass das Kältemittel gleichmäßig auf die Rohre der mindestens einen Rohrreihe aufgeteilt wird. Bzw. wird das Kältemittel gleichmäßig auf die Rohre der in einer Kältemittelflussrichtung gesehen ersten Rohrreihe aufgeteilt und damit auch gleichmäßig auf die Rohre jeder folgenden Rohrreihe.

[0025] Durch die gleichmäßige Aufteilung auf die Rohre einer Rohrreihe, insbesondere auf sämtliche Rohre, einer Rohrreihe wird sichergestellt, dass das Kältemittel in der gesamten Rohrreihe im Wesentlichen dieselbe Temperatur hat. Dadurch wird sichergestellt, dass es zu einer gleichmäßig über die Oberfläche der Rohrreihe verteilten Kondensation von Luftfeuchtigkeit der durchströmenden Luft kommen kann. Insbesondere wird dabei vermieden, dass in der Rohrreihe weiter unten angeordnete Rohre wesentlich wärmer sind als darüber angeordnete Rohre. Wäre dies der Fall, würde die Gefahr bestehen, dass an den oberen Rohren bzw. Lamellen kondensiertes Wasser auf wärmere darunter liegende Rohre bzw. Lamellen herabtropft oder rinnt und dort aufgrund der höheren Temperatur wieder verdampft, sodass die Luftfeuchtigkeit der durchströmenden Luft sich wieder erhöht.

[0026] Die Verwendung von mehreren Verteilerköpfen hat weiters den Vorteil, dass die einzelnen Verteilerköpfe relativ klein ausgeführt werden können. Aufgrund der Anzahl der mit Kältemittel anzuspeisenden Rohre der Rohrreihe würde ein einzelner Verteilerkopf einen sehr großen Durchmesser benötigen. Die Anordnung von Zuleitungen vom Verteilerkopf zu den Rohren der Rohrreihe wäre entsprechend kompliziert. Demgegenüber gestaltet sich die Anordnung der Zuleitungen von mehreren Verteilerköpfen einfacher, da pro Verteilerkopf wesentlich weniger Zuleitungen vorzusehen sind, als dies bei einem einzigen großen Verteilerkopf der Fall wäre.

[0027] Die mehreren Verteilerköpfe wiederum können je nach Größe des Luftentfeuchters jeweils über eine Leitung mit eigenem Expansionsventil mit Kältemittel versorgt werden oder über eine Leitung mit einem Expansionsventil, wobei in Kältemittelflussrichtung gesehen nach dem Expansionsventil eine Aufteilung auf die mehreren Verteilerköpfe erfolgt. Letzteres bietet sich insbesondere bei kleineren Luftentfeuchtern an, wobei die Aufteilung auf die mehreren Verteilerköpfe z.B. mit einem T- oder U-förmigen Rohrstück erfolgen kann. Bei größeren, insbesondere höheren Luftentfeuchtern mit entsprechend großen, hohen Rohrreihen ist die Verwendung von mehreren Expansionsventilen vorteilhaft. Schwerkraft bedingt kommt es durch das Absinken von flüssigen Teilen des Kältemittels zu einer Entmischung der flüssigen Teile und der bereits verdampften, gasförmigen Teile des Kältemittels. Bei großen Höhen der Rohrreihen wirkt sich diese Entmischung stärker aus und hat eine besonders ungleichmäßige bzw. inhomogene Temperaturverteilung über die Rohrreihe zur Folge. Indem jedes Paket über ein eigenes Expansionsventil mit Kältemittel versorgt wird, kann eine inhomogene Temperaturverteilung besonders effektiv minimiert und damit eine möglichst homogene Temperaturverteilung erreicht werden.

[0028] Die Vorsehung von mehreren, vorzugsweise vier Rohrreihen hat den Vorteil, dass die zu trocknende Luft durch alle Rohrreihen nacheinander treten muss. Wenn es beim Durchtritt durch die in Durchströmungsrichtung gesehen erste Rohrreihe zwar zu einer Abkühlung der Luft, aber noch nicht zur Kondensation der Feuchtigkeit kommt, steht noch eine oder mehrere Rohrreihen zur Verfügung, wo die Kondensation erfolgen kann. D.h. die Wahrscheinlichkeit, dass es jedenfalls zur Unterschreitung des Taupunkts kommt, wird durch die Vorsehung mehrerer Rohrreihen dramatisch erhöht bzw. kann praktisch sichergestellt werden.

[0029] Vorzugsweise sind die Rohrreihen dabei so angeordnet, dass die in Kältemittelflussrichtung gesehen erste Rohrreihe jene ist, die in Durchströmungsrichtung gesehen als letztes von der zu trocknenden Luft durchströmt wird. Umgekehrt ist dabei die in Kältemittelflussrichtung gesehen letzte Rohrreihe jene, die in Durchströmungsrichtung gesehen als erstes von der zu trocknenden Luft durchströmt wird. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass die Temperatur der Rohrreihen in Durchströmungsrichtung gesehen abnimmt, da die in Kältemittelflussrichtung gesehen erste Rohrreihe die kälteste Rohrreihe ist. Wenn es in der in Durchströmungsrichtung gesehen ersten Rohrreihe nicht zur Unterschreitung des Taupunkts kommt, so wird durch die genannte Anordnung der Rohrreihen die Wahrscheinlichkeit nochmals erhöht, dass die Unterschreitung des Taupunkts in einer in Durchströmungsrichtung gesehen darauffolgenden Rohrreihe stattfindet. Im Idealfall kondensiert die Feuch-

tigkeit der zu trocknenden Luft bei allen Rohrreihen, wodurch ein maximaler Entfeuchtungseffekt erzielt wird.

[0030] Jedes Rohr der in Kältemittelflussrichtung gesehen letzten Rohrreihe mündet in ein Sammelrohr, über welches das Kältemittel in weiterer Folge in Richtung Kondensator abgeführt wird. Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters ist es vorgesehen, dass für jedes Paket ein eigenes Sammelrohr vorgesehen ist, über welches vom jeweiligen Paket Kältemittel abführbar ist. Einerseits kann hierdurch das Kältemittel sehr rasch vom Verdampfer abgeleitet werden.

[0031] Andererseits ist die Anordnung von mehreren Sammelrohren ideal für den Fall, dass auch im Kondensator mehrere Pakete an Rohren vorgesehen sind, wobei jedem dieser Pakete über ein eigenes Verteilerrohr Kältemittel zugeführt wird. Es kann dann für jedes dieser Verteilerrohre ein korrespondierendes Sammelrohr vorgesehen sein, was eine besonders effektive Zuführung des Kältemittels zum Kondensator gewährleistet. Konkret ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass der Kondensator mindestens eine Rohrreihe, vorzugsweise mehrere Rohrreihen, besonders bevorzugt vier Rohrreihen umfasst, dass die mindestens eine Rohrreihe eine Vielzahl von Rohren für Kältemittel umfasst, wobei die Rohre quer zur Durchströmungsrichtung und übereinander angeordnet sind, und dass die Rohre in mehrere übereinander angeordnete Pakete unterteilt sind, wobei für jedes Paket ein eigenes Verteilerrohr vorgesehen ist, über welches dem jeweiligen Paket Kältemittel zuführbar ist.

[0032] Weiters ist es bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass jedes Verteilerrohr an einen eigenen Anspeisungsabschnitt zur Anspeisung des jeweiligen Verteilerrohrs mit Kältemittel anschließt, wobei der jeweilige Anspeisungsabschnitt im Bereich eines der untersten drei Rohre des jeweiligen Pakets in das jeweilige Verteilerrohr mündet.

[0033] Durch diese Aufteilung erfolgt eine bessere Vermischung des Kältemittels im Kreislauf. Beim Wechsel des Kältemittels vom gasförmigen in den flüssigen Zustand fallen die kälteren Bestanteile, die bereits flüssig sind, nach unten aus. Wird nun das Verteilerrohr zum Kondensator hin von oben angespeist, kommt es zu einer ungleichen Verteilung des Kältemittels im Register bzw. in dessen mindestens einer Rohrreihe. Erfolgt hingegen die Anspeisung jedes Verteilrohrs erfindungsgemäß am unteren Ende, wird dadurch eine gleichmäßigere Vermischung des Kältemittels erreicht, bevor es vom Verteilerrohr in die mindestens eine Rohrreihe hineinfließt. Somit wird jede Rohrreihe fast gleichmäßig mit gleich warmen Kältemittel beschickt. Für die durchströmende Luft ergeben sich somit nur äußerst geringe Abweichungen der Temperatur - sowohl über einer einzelnen Rohrreihe als auch zwischen den in Durchströmungsrichtung gesehen aufeinanderfolgenden Rohrreihen, falls mehrere Rohrreihen vorgesehen sind. Auf der gesamten Fläche der Rohrreihen bzw. der Rohrreihen und zugehöriger Lamellen findet in der Folge eine gleichmäßige Wärmeabnahme statt. Somit wird fast die gesamte Oberfläche der Rohrreihen bzw. der Rohrreihen und zugehöriger Lamellen zur Wärmeabgabe ausgenutzt und die Heizleistung des Kondensators erhöht.

[0034] Der Kompressor des Luftentfeuchters hat eine Ölschmierung. Bauartbedingt gelangt ein Teil dieses Öls des Kompressors in den Kältemittelkreislauf und wird dort vom Kältemittel mitgeführt. Um auf einen Ölabscheider verzichten zu können, ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters vorgesehen, dass mehrere Rohrreihen vorgesehen sind und dass jedes Rohr einer Rohrreihe mit einem Rohr mindestens einer anderen Rohrreihe über mindestens ein Verbindungselement für das Kältemittel verbunden ist, um jeweils eine Rohrzeile auszubilden, wobei in mindestens 80%, vorzugsweise in mindestens 90%, besonders bevorzugt in mindestens 95% aller Rohrzeilen die Verbindungselemente so ausgebildet und/oder angeordnet sind, dass das Kältemittel in diesen Verbindungselementen kontinuierlich von oben nach unten fließen kann. Als Verbindungsmittel kommen dabei insbesondere schlauch- oder rohrartige Verbindungsmittel in Frage, z.B. im Wesentlichen U-förmige Verbindungsrohrbögen. Die Rohre der Rohrzeilen verlaufen selbst üblicherweise waagrecht, wobei auch eine leicht geneigte, in Kühlmittelflussrichtung von oben nach unten geneigte, Anordnung denkbar wäre. Insgesamt ergibt sich dadurch, dass der Kondensator und/oder der Verdampfer eine überwiegend fallende Anordnung der Rohrreihen bzw. Rohrzeilen aufweisen.

[0035] Wenn also das Öl im Kühlmittelkreislauf vom Kompressor weg zu den Verteilerrohren des Kondensators geführt wird, fließt das Öl aufgrund der Schwerkraft - und zu einem gewissen Teil auch aufgrund des herrschenden Drucks in den Rohren - praktisch verlustlos durch die Rohre der Rohrreihen des Kondensators bzw. durch die Rohrzeilen des Kondensators in ein Sammelrohr des Kondensators. Hier wird es durch den Druck in den Kühlmittelleitungen zum Expansionsventil bzw. zu den Expansionsventilen befördert und über die Verteilerköpfe des Verdampfers und Zuleitungen in die Rohre von dessen Rohrreihen bzw. Rohrzeilen gedrückt. Auch hier bewirkt die fallende Anordnung der Rohrreihen bzw. Rohrzeilen, dass kein oder nur ein vernachlässigbarer Siphon bzw. keine oder nur eine vernachlässigbare Tiefstelle in der Rohrführung bzw. in den Rohrzeilen gebildet wird, wo das Öl stehen bleiben kann. D.h. das Öl kann wie das Kältemittel im Wesentlichen kontinuierlich durch die Rohrzeilen des Verdampfers - von den Zuleitungen bis zum Sammelrohr bzw. zu den Sammelrohren - fließen. Über das Sammelrohr bzw. die Sammelrohre des Verdampfers wird das Öl wieder in den Verdichter befördert.

[0036] Die Anordnung der Rohrreihen und insbesondere die Anordnung der Verbindungselemente der Rohre

der Rohrreihen bzw. die so ausgebildeten Rohrzeilen sind auch insofern von großer Bedeutung, da das Kältemittel teilweise im gasförmigen Zustand im Kältemittelkreislauf zirkuliert und das gasförmige Kältemittel das flüssige Öl nur schlecht mitnimmt. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Rohrzeilen mit entsprechend ausgebildeten und angeordneten Verbindungselementen wird dieses Problem gelöst, da das Öl im Wesentlichen in jeder Rohrzeile mittels der Schwerkraft von einer Rohrreihe zur nächsten nach unten fließen kann und es keine oder nur vernachlässigbare Stellen gibt, an denen das Öl nach oben gedrückt werden muss. Verluste an Öl in den Rohrzeilen können somit praktisch vollständig vermieden werden.

[0037] Vorzugsweise ist außerdem mindestens ein Verteilerrohr des Kondensators mit einer Ausbuchtung nach unten versehen, besonders bevorzugt alle Verteilerrohre des Kondensators. Die Ausbuchtung ist im Bereich der Einmündung des jeweiligen Anspeisungsabschnitts angeordnet und erstreckt sich nach unten - tiefer als der Anspeisungsabschnitt bzw. als dessen Einmündung in das jeweilige Verteilerrohr. Die Ausbuchtung sorgt in Verbindung mit einem relativ geringen Durchmesser des jeweiligen Verteilerrohrs dafür, dass eine besonders gute Vermischung von Kältemittel und Öl im Bereich der Einmündung des Anspeisungsabschnitts in das jeweilige Verteilerrohr stattfindet. Durch diese gute Durchmischung von Kältemittel und Öl wird das Öl besser im Kältemittelkreislauf mitbefördert. Ölverluste bzw. das Stehenbleiben von Öl werden somit minimiert.

[0038] Insgesamt bleibt somit eine ausreichende Schmierung des Verdichters auch ohne Ölabscheider gewährleistet, weshalb auf einen Ölabscheider verzichtet werden kann, was wiederum Konstruktionsaufwand und Geld spart. Der Ölabscheider hätte die Funktion, das Öl nach dem Kompressor aus dem Kältemittel zu filtern und es zurück zum Kompressor zu führen.

[0039] Es sei bemerkt, dass auch Ausführungsvarianten von Luftentfeuchtern denkbar wären, die zwar keine erfindungsgemäße Abtropfwanne mit Stauleiste, aber Verdampfer und/oder Kondensatoren mit den geschilderten Rohrreihen aufweisen können. Insbesondere ist es daher bei einem Luftentfeuchter zum Entfeuchten von Luft zur Trocknung von Heu, der Luftentfeuchter umfassend einen Verdampfer und einen Kondensator, wobei der Kondensator in einer Durchströmungsrichtung gesehen hinter dem Verdampfer angeordnet ist und wobei der Verdampfer von zu entfeuchtender Luft in der Durchströmungsrichtung durchströmbar ist, erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Verdampfer mindestens eine Rohrreihe, vorzugsweise mehrere Rohrreihen, besonders bevorzugt vier Rohrreihen umfasst, dass die mindestens eine Rohrreihe eine Vielzahl von Rohren für Kältemittel umfasst, wobei die Rohre quer zur Durchströmungsrichtung und übereinander angeordnet sind, und dass die Rohre in mehrere übereinander angeordnete Pakete unterteilt sind, wobei für jedes Paket ein eigener Verteilerkopf vorgesehen ist, über welchen dem jeweiligen Paket Kältemittel zuführbar ist. Vorzugsweise ist für jedes Paket ein eigenes Sammelrohr vorgesehen, über welches vom jeweiligen Paket Kältemittel abführbar ist.

[0040] Alternativ oder zusätzlich ist es bei einem Luftentfeuchter zum Entfeuchten von Luft zur Trocknung von Heu, der Luftentfeuchter umfassend einen Verdampfer und einen Kondensator, wobei der Kondensator in einer Durchströmungsrichtung gesehen hinter dem Verdampfer angeordnet ist und wobei der Verdampfer von zu entfeuchtender Luft in der Durchströmungsrichtung durchströmbar ist, erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Kondensator mindestens eine Rohrreihe, vorzugsweise mehrere Rohrreihen, besonders bevorzugt vier Rohrreihen umfasst, dass die mindestens eine Rohrreihe eine Vielzahl von Rohren für Kältemittel umfasst, wobei die Rohre quer zur Durchströmungsrichtung und übereinander angeordnet sind, und dass die Rohre in mehrere übereinander angeordnete Pakete unterteilt sind, wobei für jedes Paket ein eigenes Verteilerrohr vorgesehen ist, über welches dem jeweiligen Paket Kältemittel zuführbar ist. Vorzugsweise schließt jedes Verteilerrohr an einen eigenen Anspeisungsabschnitt zur Anspeisung des jeweiligen Verteilerrohrs mit Kältemittel an, wobei der Anspeisungsabschnitt im Bereich eines der untersten drei Rohre des jeweiligen Pakets in das jeweilige Verteilerrohr mündet.

[0041] Vorzugsweise sind mehrere Rohrreihen vorgesehen, wobei jedes Rohr einer Rohrreihe mit einem Rohr mindestens einer anderen Rohrreihe über mindestens ein Verbindungselement für das Kältemittel verbunden ist, um jeweils eine Rohrzeile auszubilden, wobei in mindestens 80%, vorzugsweise in mindestens 90%, besonders bevorzugt in mindestens 95% aller Rohrzeilen die Verbindungselemente so ausgebildet und/oder angeordnet sind, dass das Kältemittel in diesen Verbindungselementen kontinuierlich von oben nach unten fließen kann.

[0042] Wie sich in Versuchen gezeigt hat, können mit dem erfindungsgemäßen Luftentfeuchter nicht nur beim Trocknen von Heu, sondern auch beim Trocknen von Lebensmitteln hervorragende Ergebnisse erzielt werden bzw. wirkt sich die Verwendung des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters auch in diesen Fällen positiv auf die erzielbaren Luftdurchsätze und Trocknungsleistungen aus. Insbesondere kann durch die mittels des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters erzielbare, rasche Trocknung das Aroma der Lebensmittel maximal erhalten werden.

[0043] Daher ist erfindungsgemäß die Verwendung eines erfindungsgemäßen Luftentfeuchters zum Entfeuchten von Luft zur Trocknung von Lebensmitteln vorgesehen. Als Spezialfall hiervon kann Hopfen angesehen werden bzw. ist erfindungsgemäß die Verwendung eines erfindungsgemäßen Luftentfeuchters zum Trocknen von Hopfen vorgesehen. Die damit erzielbare, rasche Trocknung ermöglicht auch im Fall von Hopfen einen maximalen Erhalt des Aromas.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0044] 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.

[0045] Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Luftentfeuchter

Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung eines Verdampfers des Luftentfeuchters aus Fig. 1

Fig. 3 eine schematische Seitenansicht des Luftentfeuchters aus Fig. 1, wobei aus Gründen der Klarheit Kühlmittelleitungen, eine Bypass-Leitung und ein Umschaltventil nicht gezeigt sind

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Verwendung eines erfindungsgemäßen Luftentfeuchters zum Entfeuchten von Luft zur Trocknung von Heu

Fig. 5 eine schematische Seitenansicht von Verdampfer und Kondensator einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters

Fig. 6 eine schematische Seitenansicht der Rohrführung in Fig. 5

Fig. 7 eine schematische Aufsicht der Rohrführung in Fig. 5

Fig. 8 eine schematische Seitenansicht von Verdampfer und Kondensator einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0046] In Fig. 1 ist eine schematische Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Luftentfeuchter 5 dargestellt, der für die Entfeuchtung von Luft bei der Trocknung von Trocknungsgut, insbesondere von Heu 1 (vgl. Fig. 4), verwendet werden kann. Der Luftentfeuchter 5 umfasst einen Verdampfer 11 in welchem Kältemittel (nicht dargestellt) durch die Wärme von Luft, die in einer Durchströmungsrichtung 22 durch den Verdampfer 11 bzw. zwischen Lamellen 27 (vgl. Fig. 2) des Verdampfers 11 hindurch strömt, verdampft wird. Hierdurch wird die Luft unter den Taupunkt abgekühlt, und es kommt zu einer Kondensation von Wasser auf der kalten Oberfläche des Verdampfers 11. Das Wasser rinnt bzw. tropft in der Folge vom Verdampfer 11 in eine Abtropfwanne 18 ab. Die durchströmende Luft wird hierdurch entfeuchtet und kann in weiterer Folge zur Trocknung des Trocknungsguts bzw. des Heus 1 verwendet werden.

[0047] Das gasförmige Kältemittel gelangt über eine Kühlmittelleitung 32 (Pfeilspitzen zeigen die Flussrichtung an) vom Verdampfer 11 in einen Kompressor 13 des Luftentfeuchters 5, wo es weiter verdichtet wird. Anschließend wird das heiße gasförmige Kühlmittel vom Kompressor 13 über eine weitere Kühlmittelleitung 32 in einen Kondensator 12 des Luftentfeuchters 5 geleitet, der in Durchströmungsrichtung 22 gesehen hinter dem Verdampfer 11 angeordnet ist. Im Kondensator 12 kondensiert das Kältemittel und gibt dabei latente Wärme ab. Dies kann dazu benutzt werden, die entfeuchtete Luft anzuwärmen, indem auch der Kondensator 12 von der Luft durchströmbar ist, was ebenfalls zu einer schnelleren Trocknung des Trocknungsguts beiträgt. Schließlich wird das flüssige Kältemittel über eine weitere Kühlmittelleitung 32 vom Kondensator 12 wieder dem Verdampfer 11 zugeführt, wo der Kreislauf von Neuem beginnt.

[0048] Um ein Vereisen des Verdampfers 11 zu verhindern, was z.B. bei niedrigen Umgebungstemperaturen und einer hohen relativen Luftfeuchtigkeit auftreten könnte, und/oder den Verdampfer 11 gegebenenfalls abtauen zu können, weist der erfindungsgemäße Luftentfeuchter 5 außerdem eine Bypass-Leitung 31 sowie ein Umschaltventil 30 auf. Um den Verdampfer 11 anzuwärmen und ggf. abzutauen, kann mittels des Umschaltventils 30 heißes gasförmiges Kältemittel vom Kompressor 13 statt direkt in den Kondensator 12 wieder zurück in den Verdampfer 11 geleitet werden. Wenn der Verdampfer 11 warm genug bzw. abgetaut ist, schaltet das Umschaltventil 30 wieder um, und das Kühlmittel wird vom Kompressor 13 wieder direkt dem Kondensator 12 zugeleitet. Das Umschalten des Umschaltventils 30 kann dabei automatisiert erfolgen, beispielsweise indem das Umschaltventil 30 als thermostatgesteuertes Magnetventil ausgeführt ist.

[0049] Um den bei der Trocknung von Heu 1 erwünschten Luftdurchsatz bzw. allgemein hohe Luftdurchsätze zu erzielen und damit den Trocknungseffekt zu erhöhen, muss die Strömungsgeschwindigkeit der Luft entsprechend hoch sein. Dies führt jedoch dazu, dass das abtropfende Wasser verstärkt von der den Luftentfeuchter 5 durchströmenden Luft in Durchströmungsrichtung 22 verfrachtet wird. Um dennoch sämtliches abtropfendes Wasser auffangen zu können, ist die Abtropfwanne 18 derart ausgelegt, dass sowohl Verdampfer 11 als auch Kondensator 12 über der Abtropfwanne 18 angeordnet werden können.

[0050] Um zu verhindern, dass die durchströmende Luft das sich in der Abtropfwanne 18 sammelnde Wasser in Richtung Kondensator 12 treibt und sich hierdurch eine großflächige Wasserschicht zwischen Verdampfer 11 und Kondensator ausbildet, ist eine Stauleiste 19 vorgesehen. Diese teilt die Abtropfwanne 18 in einen ersten Sammelabschnitt 25 und einen zweiten Sammelabschnitt 26, wobei der Verdampfer 11 über dem ersten Sammelabschnitt 25 angeordnet ist. Das sich im ersten Sammelabschnitt 25 sammelnde Wasser kann von der

durchströmenden Luft nur noch bis zur Stauleiste 19 getrieben werden, wodurch die Ausbildung einer großflächigen Wasserschicht verhindert wird. Hierdurch wird gewährleistet, dass die bereits entfeuchtete Luft auf ihrem Weg vom Verdampfer 11 zum Kondensator 12 nicht wieder Feuchtigkeit aufnehmen kann.

[0051] Um das gesammelte bzw. aufgestaute Wasser abzuführen ist eine Abflussöffnung 20 in der Abtropfwanne 18 vorgesehen. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist die Abflussöffnung 20 so angeordnet, dass sie die Stauleiste 19 unterbricht, sodass Wasser sowohl aus dem ersten Sammelabschnitt 25 als auch aus dem zweiten Sammelabschnitt 26 abfließen kann. In einer Längsrichtung 29 der Stauleiste 19 gesehen wird die Stauleiste 19 von der Abflussöffnung 20 in der Mitte unterbrochen, was ein besonders gleichmäßiges Abrinnen des gesammelten Wassers begünstigt. Im gezeigten Ausführungsbeispiel steht die Längsrichtung 29 im Wesentlichen normal auf die Durchströmungsrichtung 22. Es sind jedoch auch andere Anordnungen der Stauleiste 19 denkbar, die schiefwinkelige Konfigurationen von Längsrichtung 29 zu Durchströmungsrichtung 22 ergeben.

[0052] Die Anordnung der Stauleiste 19 relativ zur Position des Verdampfers 11 und des Kondensators 12 ist dabei so gewählt, dass im ersten Sammelabschnitt 25 der Großteil des abtropfenden Wassers gesammelt wird. Beispielsweise beträgt ein Abstand 23 zwischen Verdampfer 11 und Kondensator 12 mindestens 50 cm und ein Abstand 24 zwischen Verdampfer 11 und Stauleiste 19 7 cm bis 15 cm, vorzugsweise 10 cm, wobei die Abstände 23, 24 in Durchströmungsrichtung 22 gemessen werden. Diese Abstände 23, 24 sind in der schematischen Seitenansicht der Fig. 3 besonders deutlich erkennbar, wobei auf die Darstellung von Kühlmittelleitungen 32, der Bypass-Leitung 30 und des Umschaltventils 31 aus Gründen der Klarheit verzichtet wurde.

[0053] Aus Fig. 3 geht außerdem klar hervor, dass zwischen Verdampfer 11 und Kondensator 12 genug Platz ist, um den Kompressor 13 derart anzuordnen, dass die Luft im Wesentlichen ungehindert zwischen Verdampfer 11 und Kondensator 12 strömen kann. Die Abwärme des Kompressors 13 kann außerdem dazu verwendet werden, die bereits entfeuchtete Luft anzuwärmen, was sich positiv auf die Geschwindigkeit des Trocknungsprozesses auswirkt.

[0054] Die Luftentfeuchtungsleistung des Luftentfeuchters 5 kann weiter gesteigert werden, indem der Abstand der Lamellen 27 des Verdampfers 11 im Hinblick auf den zu bewältigenden Luftdurchsatz optimiert wird. Fig. 2 zeigt eine vergrößerte Ansicht des Verdampfers 11, in welcher die Lamellen 27 gut erkennbar sind. Diese sind zueinander in einer Richtung normal auf die Durchströmungsrichtung 22 mit einem Lamellenabstand 28 von 1,5 mm bis 2 mm, vorzugsweise von 1,8 mm beabstandet, was sich in Versuchen als optimal für die bei der Trocknung von Heu 1 zu bewältigenden Luftdurchsätze gezeigt hat.

[0055] Die Oberfläche der Lamellen 27 ist außerdem mit einer Antihaftbeschichtung (nicht dargestellt) versehen, um ein rasches Abrinnen bzw. Abtropfen des auf den Lamellen 27 kondensierten Wassers zu ermöglichen.

[0056] Um ein Verstopfen der relativ schmalen Öffnungen zwischen den einzelnen Lamellen 27 durch Schmutz, Staub oder Insekten, welche mit der Luft mittransportiert werden, zu vermeiden, ist ein Fliegengitter 21 vorgesehen. Das Fliegengitter 21 ist in Durchströmungsrichtung 22 gesehen vor dem Verdampfer 11 angeordnet und weist eine Maschenweite auf, die kleiner als der Lamellenabstand 28 ist.

[0057] Fig. 4 zeigt schließlich eine schematische Darstellung einer Verwendung des Luftentfeuchters 5 zum Entfeuchten von Luft beim Trocknen von Heu 1. 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.

[0058] Das Heu 1 liegt auf einer Boxenfläche 33 auf. Die Boxenfläche 33 ist mit Luft anströmbar, indem die Boxenfläche 33 beispielsweise durch ein Baustahlgitter realisiert wird, das auf Rostträgern (nicht dargestellt) aufliegt und in einem gewissen Abstand, beispielsweise 40 cm, über einem Boden 34 angeordnet ist. Hierdurch wird im Anfangsbereich 15 ein Luftkanal 17 ausgebildet, durch den Luft auf die Boxenfläche 33 bzw. in die Belüftungsbox 2 einblasbar ist.

[0059] Um die Luft in bzw. durch die Belüftungsbox 2 zu blasen, weist die in Fig. 4 gezeigte Vorrichtung zur Heutrocknung einen Ventilator 4 auf, wobei die Pfeile in Fig. 4 mögliche Luftströme symbolisieren. Die in die Belüftungsbox 2 einzublasende Luft wird zunächst mittels des Ventilators 4 angesaugt, wobei vorzugsweise die gesamte angesaugte Luft durch den Luftentfeuchter 5 gesaugt wird, in welchem Luftentfeuchter 5 die Luft entfeuchtet wird.

[0060] 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. Üblicherweise sollen Luftdurchsätze bzw. Mengen an angesaugter Luft von 200 m^3/h pro Quadratmeter Boxenfläche 22, m_B^2, bis 600 $m^3/h/m_B^2$, vorzugsweise 400 $m^3/h/m_B^2$ eingestellt werden, um eine rasche Trocknung des Heus 1 zu ermöglichen.

[0061] Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Dichte des Heus 1 variieren kann - typischerweise zwischen 100 kg/m^3 bis 250 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). Vorzugsweise werden Frequenzumrichter außerdem auch zur Steuerung der Leistung des Luftentfeuchters 5 bzw. des Kompressors 13 des Luftentfeuchters 5 eingesetzt.

[0062] Dabei kann der Kompressor 13 mittels Fre-

quenzumrichter typischerweise mit um bis zu 50% mehr Leistung betrieben werden als gewöhnlich. Dies gestattet es, einerseits eine hohe Trocknungsleistung des Luftentfeuchters 5 zu erzielen, andererseits kann die damit verbundene erhöhte Abwärme des Kompressors 13 gezielt zum Anwärmen der getrockneten Luft verwendet werden, die in die Belüftungsbox 2 eingeblasen wird. Zusätzliche Mittel zum Anwärmen der Luft können daher typischerweise komplett entfallen, und trotzdem kann eine Innentemperatur im Inneren der Belüftungsbox 2 erhöht und damit die Heutrocknungsleistung gesteigert werden. Die Bypass-Leitung 30 und das Umschaltventil 31 wirken sich insbesondere bei diesem Betrieb des Kompressors 13 mit hoher Leistung positiv aus bzw. ermöglichen diesen Betrieb erst, da trotz der hohen Leistung des Kompressors 13 ein Vereisen des Verdampfers 11 verhindert wird.

[0063] Im Ausführungsbeispiel der Fig. 4 ist eine Umschaltklappe 6 vorgesehen, 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. 4 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.

[0064] In der zweiten Position 8 hingegen, die in Fig. 4 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 ansaugbare Luft gezielt einzusetzen, um zum Erreichen einer gewünschten Temperatur der Luft in der Belüftungsbox 2 bzw. in deren Anfangsbereich 15 und/oder Endbereich 16, d.h. zum Erreichen einer gewünschten Innentemperatur, beizutragen.

[0065] Um den Trocknungsprozess automatisiert ablaufen lassen zu können, ist eine Regel-Steuereinheit 14 vorgesehen, die vorzugsweise als speicherprogrammierbare Steuerung ausgeführt ist. Die Regel-Steuereinheit 14 verarbeitet Signale bzw. Daten von Sensoren (nicht dargestellt) über die Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in der Belüftungsbox 2 und außerhalb der Belüftungsbox 2. Die Ausführung der Regel-Steuereinheit 14 als speicherprogrammierbare Steuerung ermöglicht es zudem, die aktuelle Menge des zu trocknenden Heus 1 zu berücksichtigen und Schwellwerte für die Innentemperatur, die Temperatur außerhalb der Belüftungsbox 2, die Luftfeuchtigkeit und den Luftdurchsatz vorzugeben bzw. anzupassen. Basierend auf diesen Daten bzw. Angaben steuert die Regel-Steuereinheit 14 die Umschaltklappe 6 bzw. den Elektrozylinder 10 an und regelt die Leistung des Ventilators 4 sowie des Entlüfters 5 bzw. des Kompressors 13.

[0066] Fig. 5 stellt eine schematische Seitenansicht von Verdampfer 11 und Kondensator 12 einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters 5 dar. Der Verdampfer 11 weist Rohre 42 für das Kühlmittel auf, die quer zur Durchströmungsrichtung 22 verlaufen. Dabei bilden die Rohre 42 vier sich von oben nach unten erstreckende Rohrreihen 43a, 43b, 43c, 43d aus, vgl. auch Fig. 6.

[0067] Die Rohre 42 sind in zwei übereinander angeordnete Pakete 50 unterteilt, wobei für jedes Paket 50 ein eigener Verteilerkopf 40 vorgesehen ist, über welchen dem jeweiligen Paket 50 Kältemittel zugeführt wird. Konkret wird dabei den Rohren 42 der in einer Kältemittelflussrichtung 48 gesehen ersten Rohrreihe 43a über die zwei Verteilerköpfe 40 Kältemittel zugeführt. Das Kältemittel wiederum wird den Verteilerköpfen 40 über ein Expansionsventil 35, ein Verteilerrohr 38 und ein an das Verteilerrohr 38 anschließendes U-Rohr 39 zugeführt. Die Unterteilung in Pakete 50, welchen Kältemittel separat zugeleitet wird, bzw. die zwei Verteilerköpfe 40 ermöglichen eine gleichmäßige Zuführung des Kältemittels zu den Rohren 42 der ersten Rohrreihe 43a, sodass die Rohre 42 der ersten Rohrreihe 43a und mit diesen Rohren wärmeleitend verbundene Lamellen (in Fig. 5 nicht dargestellt) an deren Oberfläche im Wesentlichen alle dieselbe Temperatur aufweisen. Zur gleichmäßigen Zuführung des Kältemittels ist der eine Verteilerkopf 40 über strichliert angedeutete Zuleitungen 41 mit allen Rohren 42 der ersten Rohrreihe 43a im einen Paket 50 verbunden, d.h. mit allen Rohren 42 in der oberen Hälfte der ersten Rohrreihe 43a, und der andere Verteilerkopf 40 ist mit allen Rohren 42 der ersten Rohrreihe 43a im anderen Paket 50 verbunden, d.h. mit allen Rohren 42 in der unteren Hälfte der ersten Rohrreihe 43a. Dabei ist für jedes Rohr 42 der ersten Rohrreihe 43a eine Zuleitung 41 vorgesehen (aus Gründen der Klarheit sind in Fig. 5 nicht alle Zuleitungen 41 eingezeichnet).

[0068] In den schematischen Darstellungen von Fig. 6 und Fig. 7 ist erkennbar, wie die Rohre 42 der vier Rohrreihen 43a-d miteinander verbunden sind, um Rohrzeilen 52 des Verdampfers 11 auszubilden. Die Rohre 42 der ersten Rohrreihe 43a sind über hintere Verbindungsrohrbögen 47b mit den Rohren 42 der zweiten Rohrreihe 43b verbunden, die Rohre 42 der zweiten Rohrreihe 43b über vordere Verbindungsrohrbögen 47a mit den Rohren 42 der dritten Rohrreihe 43c und die Rohre 42 der dritten Rohrreihe 43c mit den Rohren 42 der vierten Rohrreihe 43d über hintere Verbindungsrohrbögen 47b. Auf diese Weise fließt das Kältemittel in jeder Rohrzeile 52 von einer Zuleitung 41 in ein Sammelrohr 36: zunächst vom Verteilerkopf 40 über die Zuleitung 41 in ein Rohr 42 der ersten Rohrreihe 43a, dann in ein Rohr 42 der zweiten Rohrreihe 43b, dann in ein Rohr 42 der dritten Rohrreihe

43c, dann in ein Rohr 42 der vierten Rohrreihe 43d und schließlich in das Sammelrohr 36, welches das Kältemittel in Richtung Kompressor 13 bzw. in weiterer Folge in Richtung Kondensator 12 abführt.

[0069] Wie in Fig. 6 erkennbar ist, sind fast alle Rohrzeilen 52 fallend angeordnet. Von den einundfünfzig Rohrzeilen 52 des dargestellten Ausführungsbeispiels sind lediglich die oberste und die unterste Rohrzeile 52 nicht fallend angeordnet, da in diesen Rohrzeilen 52 jeweils zwei hintere Verbindungsrohrbögen 47b waagrecht angeordnet sind. In allen anderen - fallend angeordneten - Rohrzeilen 52 sind sämtliche Verbindungsrohrbögen 47a, 47b so ausgebildet bzw. angeordnet, dass in Kältemittelflussrichtung 48 gesehen das Kältemittel in den Verbindungsrohrbögen 47a, 47b kontinuierlich von oben nach unten fließt. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind also ca. 96% aller Rohrzeilen 52 fallend angeordnet, d. h. in ca. 96% aller Rohrzeilen 52 sind die Verbindungsrohrbögen 47a, 47b so ausgebildet und angeordnet dass das Kältemittel in den Verbindungsrohrbögen 47a, 47b in Kältemittelflussrichtung 48 kontinuierlich von oben nach unten fließt. Die Rohre 42 der Rohrzeilen 52 sind dabei üblicherweise waagrecht angeordnet, denkbar wäre aber auch eine geringfügig geneigte Anordnung, vorzugsweise in Kältemittelflussrichtung 48 von oben nach unten.

[0070] Die fallende Anordnung der Rohrzeilen 52 bewirkt, dass das Kältemittel - vom Eintritt in das jeweilige Rohr 42 der ersten Rohrreihe 43a bis zum Austritt aus dem jeweiligen Rohr 42 der vierten Rohrreihe 43d in das Sammelrohr 36 - diese Rohrzeilen 52 grundsätzlich schon allein aufgrund der Schwerkraft durchfließen kann. Ein Druck in den Rohren 42 begünstigt den Fluss des Kältemittels in Kältemittelflussrichtung 48 und sorgt dafür, dass das Kältemittel jedenfalls problemlos auch durch jene Rohrzeilen 52 fließt, die Verbindungsrohrbögen 47a, 47b aufweisen, durch die das Kältemittel nicht kontinuierlich in Kältemittelflussrichtung 48 von oben nach unten fließen kann.

[0071] Die fallende Anordnung der Rohrzeilen 52 ist von großem Vorteil, da auch Öl, das zur Schmierung des Kompressors 13 verwendet wird, bauartbedingt unweigerlich in den Kühlmittelkreislauf gelangt. Dieses Öl kann sich nun nicht in der Anordnung von Rohren 42 bzw. in den Rohrzeilen 52 festsetzen, da es ebenfalls schon aufgrund der Schwerkraft dazu tendiert, durch alle fallend angeordneten Rohrzeilen 52 hindurch zu fließen. Der Druck in den Rohren 42 begünstigt den Fluss des Öls in Kältemittelflussrichtung 48 und sorgt dafür, dass das Öl jedenfalls problemlos auch durch jene Rohrzeilen 52 fließt, die nicht fallend angeordnet sind bzw. die Verbindungsrohrbögen 47a, 47b aufweisen, durch die das Öl nicht kontinuierlich in Kältemittelflussrichtung 48 von oben nach unten fließen kann.

[0072] Die zu trocknende Luft muss in Durchströmungsrichtung 22 gesehen durch vier aufeinander folgende Rohrreihen 43d, 43c, 43b, 43a strömen. Wenn es beim Durchtritt durch die Rohrreihe 43d zwar zu einer Abkühlung der Luft, aber noch nicht zur Kondensation der Feuchtigkeit kommt, stehen noch Rohrreihen 43c, 43b, 43a zur Verfügung, wo die Kondensation erfolgen kann. D.h. die Wahrscheinlichkeit, dass es jedenfalls zur Unterschreitung des Taupunkts kommt, wird durch die Vorsehung der vier Rohrreihen 43d, 43c, 43b, 43a dramatisch erhöht bzw. kann die Unterschreitung des Taupunkts praktisch sichergestellt werden. Dabei findet die Kondensation aufgrund der gleichmäßigen Temperaturverteilung des Kühlmittels über jeder der Rohrreihen 43d, 43c, 43b, 43a gleichmäßig über dieser Rohrreihe 43d, 43c, 43b, 43a statt. D.h. die Kondensation findet über die gesamte Registeroberfläche der jeweiligen Rohreihen 43d, 43c, 43b, 43a gleichmäßig statt.

[0073] Weiters wirkt sich auch die fallende Anordnung der Rohrzeilen 42 der Rohrreihen 43d, 43c, 43b, 43a günstig aus. Aufgrund der gleichmäßig fallenden Anordnung der Rohrreihen 43d, 43c, 43b, 43a bzw. der Rohrzeilen 52 entgegen der Durchströmungsrichtung 22 der Luft kann die Luft problemlos die gesamte Oberfläche jeder der aufeinander folgenden Rohrreihen 43d, 43c, 43b, 43a überstreichen, und es kann ein vergleichsweise größerer Temperaturbereich über die gesamte Registeroberfläche der jeweiligen Rohrreihen 43d, 43c, 43b, 43a bei gleicher Kompressorleistung abgedeckt werden. Wenn die Kompressorleistung nicht mehr ausreichend für die Taupunktunterschreitung in jeder der Rohrreihen 43d, 43c, 43b, 43a ist, kommt es zu einer Regulierung im Register selbst in dem Sinne, dass, wenn in Rohrreihe 43d der Taupunkt nicht unterschritten werden sollte und somit keine Kondensation der durchströmenden Luft erfolgt, diese Kondensation in der darauffolgenden Rohrreihe 43c, bzw. in Rohrreihe 43b spätestens jedoch in Rohrreihe 43a erfolgt. Dadurch wird auch bei schwierigen Trocknungsbedingung (hohe Luftfeuchtigkeit und Temperatur der durchströmenden Luft) und den damit einhergehenden grundsätzlich höheren Anforderungen an die Kompressorleistung gewährleistet, dass es zumindest in der Rohrreihe 43a zur Taupunktunterschreitung und somit zur Kondensation kommt, und dabei erfolgt die Kondensation außerdem gleichmäßig über der gesamten Oberfläche von zumindest der Rohrreihe 43a.

[0074] In weiterer Folge wird das Kühlmittel dem Kondensator 12 zugeleitet. Der Kondensator 12 weist Rohre 45 für das Kühlmittel auf, die quer zur Durchströmungsrichtung 22 verlaufen. Dabei bilden die Rohre 45 vier sich von oben nach unten erstreckende Rohrreihen 46a, 46b, 46c, 46d aus, vgl. auch Fig. 6. Die Rohre 45 sind in zwei übereinander angeordnete Pakete 49 unterteilt, wobei für jedes Paket 49 ein eigenes Verteilerrohr 44 vorgesehen ist, über welches dem jeweiligen Paket 49 das Kältemittel zugeführt wird.

[0075] Jedes Verteilerrohr 44 erhält das Kältemittel aus einem eigenen Anspeisungsabschnitt 51, der im Bereich eines der drei untersten Rohre 45 des jeweiligen Pakets 49 in das jeweilige Verteilerrohr 44 mündet. Indem die Verteilerrohre 44 jeweils von unten angespeist werden, kann eine verbesserte Durchmischung des Käl-

temittels, insbesondere von flüssigen und gasförmigen Teilen des Kältemittels, garantiert werden, bevor das Kältemittel den Rohren 45 zugeleitet wird. Somit wird jede der Rohrreihen 46a-d fast gleichmäßig mit gleich warmem Kältemittel beschickt. Für die durchströmende Luft ergeben sich somit nur äußerst geringe Abweichungen der Temperatur - sowohl über jeder einzelnen der Rohrreihen 46a-d als auch zwischen den in Durchströmungsrichtung 22 gesehen aufeinanderfolgenden Rohrreihen 46d, 46c, 46b, 46a. Auf der gesamten Fläche der Rohrreihen 46a-d bzw. der Rohrreihen 46a-d und zugehöriger Lamellen (in Fig. 5 nicht dargestellt) findet in der Folge eine gleichmäßige Wärmeabnahme statt. Somit wird fast die gesamte Oberfläche der Rohrreihen 46a-d bzw. der Rohrreihen 46a-d und zugehöriger Lamellen (in Fig. 5 nicht dargestellt) zur Wärmeabgabe ausgenutzt und die Heizleistung des Kondensators 12 erhöht.

[0076] In den schematischen Darstellungen von Fig. 6 und Fig. 7 ist erkennbar, wie die Rohre 45 der vier Rohrreihen 46a-d miteinander verbunden sind, um Rohrzeilen 53 des Kondensators 12 auszubilden. Die Rohre 45 der ersten Rohrreihe 46a sind über hintere Verbindungsrohrbögen 47b mit den Rohren 45 der zweiten Rohrreihe 46b verbunden, die Rohre 45 der zweiten Rohrreihe 46b über vordere Verbindungsrohrbögen 47a mit den Rohren 45 der dritten Rohrreihe 46c und die Rohre 45 der dritten Rohrreihe 46c mit den Rohren 45 der vierten Rohrreihe 46d über hintere Verbindungsrohrbögen 47b. Auf diese Weise fließt das Kältemittel in jeder Rohrzeile 53 von den Verteilerrohren 44 in ein Sammelrohr 37: zunächst vom jeweiligen Verteilerrohr 44 in ein Rohr 45 der ersten Rohrreihe 46a, dann in ein Rohr 45 der zweiten Rohrreihe 46b, dann in ein Rohr 45 der dritten Rohrreihe 46c, dann in ein Rohr 45 der vierten Rohrreihe 46d und schließlich in das Sammelrohr 37, welches das Kältemittel in Richtung Expansionsventil 35 abführt.

[0077] Wie in Fig. 6 erkennbar ist, sind fast alle Rohrzeilen 53 fallend angeordnet. Von den einundfünfzig Rohrzeilen 53 des dargestellten Ausführungsbeispiels sind lediglich die oberste und die unterste Rohrzeile 53 nicht fallend angeordnet, da in diesen Rohrzeilen jeweils zwei hintere Verbindungsrohrbögen 47b waagrecht angeordnet sind. In allen anderen - fallend angeordneten - Rohrzeilen 53 sind sämtliche Verbindungsrohrbögen 47a, 47b so ausgebildet bzw. angeordnet, dass in Kältemittelflussrichtung 48 gesehen das Kältemittel in den Verbindungsrohrbögen 47a, 47b kontinuierlich von oben nach unten fließt. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind also ca. 96% aller Rohrzeilen 53 fallend angeordnet, d. h. in ca. 96% aller Rohrzeilen 53 sind die Verbindungsrohrbögen 47a, 47b so ausgebildet und angeordnet, dass das Kältemittel in den Verbindungsrohrbögen 47a, 47b in Kältemittelflussrichtung 48 kontinuierlich von oben nach unten fließt. Die Rohre 45 der Rohrzeilen 53 sind dabei üblicherweise waagrecht angeordnet, denkbar wäre aber auch eine geringfügig geneigte Anordnung, vorzugsweise in Kältemittelflussrichtung 48 von oben nach unten.

[0078] Die fallende Anordnung der Rohrzeilen 53 bewirkt, dass das Kältemittel - vom Eintritt in das jeweilige Rohr 45 der ersten Rohrreihe 46a bis zum Austritt aus dem jeweiligen Rohr 45 der vierten Rohrreihe 46d in das Sammelrohr 37 - diese Rohrzeilen 53 schon allein aufgrund der Schwerkraft durchfließen kann. Ein Druck in den Rohren 45 begünstigt den Fluss des Kältemittels in Kältemittelflussrichtung 48 und sorgt dafür, dass das Kältemittel jedenfalls problemlos auch durch jene Rohrzeilen 53 fließt, die Verbindungsrohrbögen 47a, 47b aufweisen, durch die das Kältemittel nicht kontinuierlich in Kältemittelflussrichtung 48 von oben nach unten fließen kann.

[0079] Die fallende Anordnung der Rohrzeilen 53 ist von großem Vorteil, da das Öl des Kompressors 13 sich auch nicht in der Anordnung von Rohren 45 bzw. in den Rohrzeilen 53 festsetzen kann, da es ebenfalls schon aufgrund der Schwerkraft dazu tendiert durch alle fallend angeordneten Rohrzeilen 53 hindurch zu fließen. Der Druck in den Rohren 45 begünstigt den Fluss des Öls in Kältemittelflussrichtung 48 und sorgt dafür, dass das Öl jedenfalls problemlos auch durch jene Rohrzeilen 53 fließt, die nicht fallend angeordnet sind bzw. die Verbindungsrohrbögen 47a, 47b aufweisen, durch die das Öl nicht kontinuierlich in Kältemittelflussrichtung 48 von oben nach unten fließen kann.

[0080] Es besteht also praktisch keine Möglichkeit dafür, dass das Öl an einer Stelle im Kühlmittelkreislauf stehenbleiben oder sich sammeln würde. D.h. das Öl wird durch den Kühlmittelkreislauf stets wieder zum Kompressor 13 zurück befördert, sodass dessen Schmierung garantiert werden kann, ohne dass ein Ölabscheider vorgesehen werden muss.

[0081] Fig. 8 zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Luftentfeuchters 5, bei der für jedes Paket 50 ein eigenes Sammelrohr 36 vorgesehen ist, über welches Kältemittel abgeführt wird, nachdem es aus den Rohren 42 der vierten Rohrreihe 43d ausgetreten ist. Weiters ist für jedes Paket 50 ein Verteilerkopf 40 vorgesehen, der wiederum jeweils über ein eigenes Expansionsventil 35 und ein eigenes Verteilerrohr 38 mit Kältemittel versorgt wird.

[0082] Insbesondere bei sehr hohen Rohrreihen 43a-d ist die Verwendung von mehreren Expansionsventilen 35 vorteilhaft. Schwerkraft bedingt kommt es durch das Absinken von flüssigen Teilen des Kältemittels zu einer Entmischung der flüssigen Teile und der bereits verdampften, gasförmigen Teile des Kältemittels. Bei großen Höhen der Rohrreihen 43a-d wirkt sich diese Entmischung stärker aus und hat eine besonders ungleichmäßige bzw. inhomogene Temperaturverteilung über jede der Rohrreihen 43a-d zur Folge. Indem jedes Paket 50 über ein eigenes Expansionsventil 35 mit Kältemittel versorgt wird, kann eine inhomogene Temperaturverteilung besonders effektiv minimiert und damit eine möglichst homogene Temperaturverteilung erreicht werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0083]

1	Heu
2	Belüftungsbox
3	Dach
4	Ventilator
5	Luftentfeuchter
6	Umschaltklappe
7	Erste Position der Umschaltklappe
8	Zweite Position der Umschaltklappe
9	Luftkanal
10	Elektrischer Zylinder
11	Verdampfer
12	Kondensator
13	Kompressor
14	Regel-Steuereinheit
15	Anfangsbereich
16	Endbereich
17	Luftkanal im Anfangsbereich
18	Abtropfwanne
19	Stauleiste
20	Abflussöffnung
21	Fliegengitter
22	Durchströmungsrichtung
23	Abstand zwischen Verdampfer und Kondensator
24	Abstand zwischen Verdampfer und Stauleiste
25	Erster Sammelabschnitt der Abtropfwanne
26	Zweiter Sammelabschnitt der Abtropfwanne
27	Lamellen
28	Lamellenabstand
29	Längsrichtung der Stauleiste
30	Bypass-Leitung
31	Umschaltventil
32	Kühlmittelleitung
33	Boxenfläche
34	Boden
35	Expansionsventil
36	Sammelrohr des Verdampfers
37	Sammelrohr des Kondensators
38	Verteilerohr des Verdampfers
39	U-Rohr
40	Verteilerkopf
41	Zuleitung zu einem Rohr des Verdampfers
42	Rohr des Verdampfers
43a	Erste Rohrreihe des Verdampfers
43b	Zweite Rohrreihe des Verdampfers
43c	Dritte Rohrreihe des Verdampfers
43d	Vierte Rohrreihe des Verdampfers
44	Verteilerrohr des Kondensators
45	Rohr des Kondensators
46a	Erste Rohrreihe des Kondensators
46b	Zweite Rohrreihe des Kondensators
46c	Dritte Rohrreihe des Kondensators
46d	Vierte Rohrreihe des Kondensators
47a	Vorderer Verbindungsrohrbogen
47b	Hinterer Verbindungsrohrbogen
48	Flussrichtung des Kältemittels
49	Paket von Rohren des Kondensators
50	Paket von Rohren des Verdampfers
51	Anspeisungsabschnitt
52	Rohrzeile des Verdampfers
53	Rohrzeile des Kondensators

Patentansprüche

1. Luftentfeuchter (5) zum Entfeuchten von Luft zur Trocknung von Heu, der Luftentfeuchter umfassend einen Verdampfer (11) und einen Kondensator (12), wobei der Kondensator (12) in einer Durchströmungsrichtung (22) gesehen hinter dem Verdampfer (11) angeordnet ist und wobei der Verdampfer (11) von zu entfeuchtender Luft in der Durchströmungsrichtung (22) durchströmbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verdampfer (11) und/oder der Kondensator (12) mindestens eine Rohrreihe, vorzugsweise mehrere Rohrreihen, besonders bevorzugt vier Rohrreihen (43a-d, 46a-d) umfasst, dass die mindestens eine Rohrreihe (43a-d, 46a-d) eine Vielzahl von Rohren (42, 45) für Kältemittel umfasst, wobei die Rohre (42, 45) quer zur Durchströmungsrichtung (22) und übereinander angeordnet sind, und dass die Rohre (42, 45) in mehrere übereinander angeordnete Pakete (50, 49) unterteilt sind, wobei für jedes Paket ein eigener Verteilerkopf (40) bzw. ein eigenes Verteilerrohr (44) vorgesehen ist, über welchen bzw. welches dem jeweiligen Paket (50, 49) Kältemittel zuführbar ist.

2. Luftentfeuchter (5) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jedes Paket (50) des Verdampfers (11) ein eigenes Sammelrohr (36) vorgesehen ist, über welches vom jeweiligen Paket (50) Kältemittel abführbar ist.

3. Luftentfeuchter (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes Verteilerrohr (44) an einen eigenen Anspeisungsabschnitt (51) zur Anspeisung des jeweiligen Verteilerrohrs (44) mit Kältemittel anschließt, wobei der jeweilige Anspeisungsabschnitt (51) im Bereich eines der untersten drei Rohre (45) des jeweiligen Pakets (49) in das jeweilige Verteilerrohr (44) mündet.

4. Luftentfeuchter (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Rohrreihen (43a-d, 46a-d) vorgesehen sind und dass jedes Rohr (42, 45) einer Rohrreihe (43a-d, 46a-d) mit einem Rohr (42, 45) mindestens einer anderen Rohrreihe (43a-d, 46a-d) über mindestens ein Verbindungselement (47a, 47b) für das Kältemittel verbunden ist, um jeweils eine Rohrzeile (52, 53) auszubilden, wobei in mindestens 80%, vorzugsweise in mindestens 90%, besonders bevorzugt in mindestens

95% aller Rohrzeilen (52, 53) die Verbindungselemente (47a, 47b) so ausgebildet sind, dass das Kältemittel in diesen Verbindungselementen (47a, 47b) kontinuierlich von oben nach unten fließen kann.

5. Verwendung eines Luftentfeuchters (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zum Trocknen von Lebensmitteln oder Heu.

6. Verwendung nach Anspruch 5, wobei es sich bei den Lebensmitteln um Hopfen handelt.

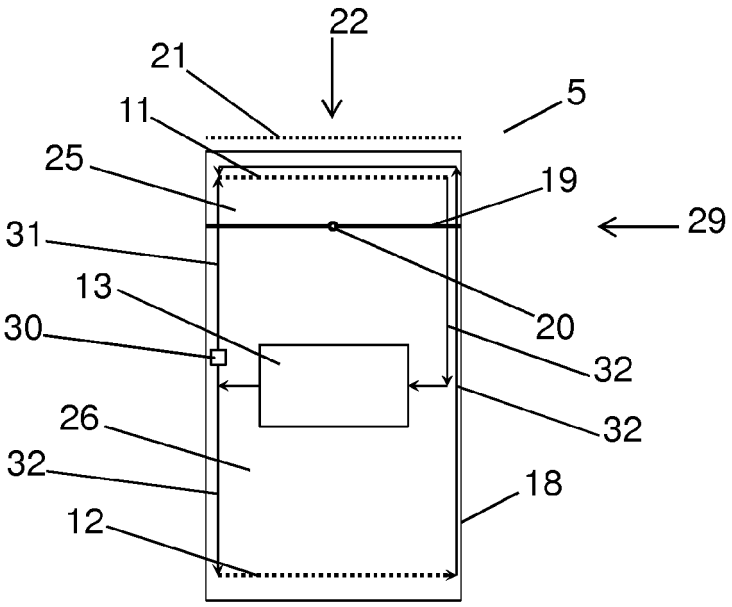


Fig. 1

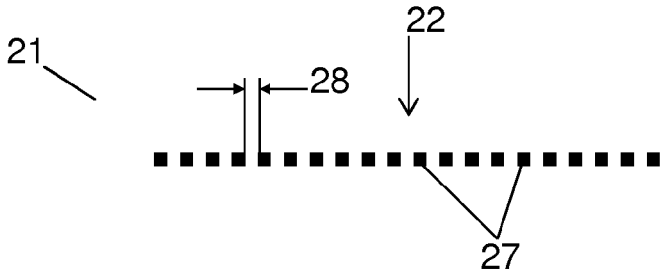


Fig. 2

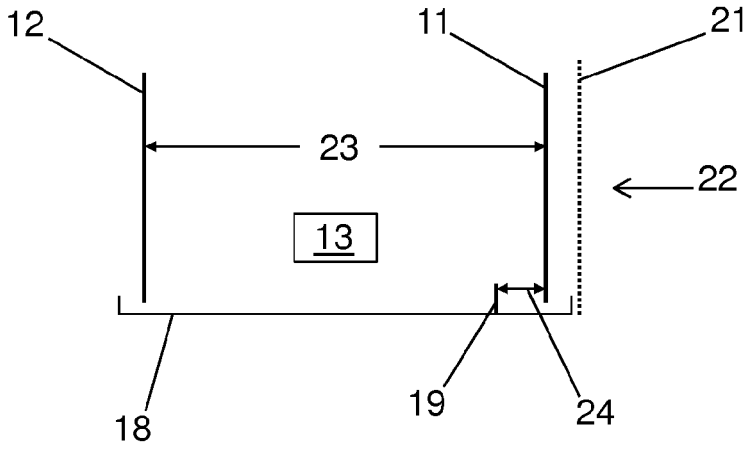


Fig. 3

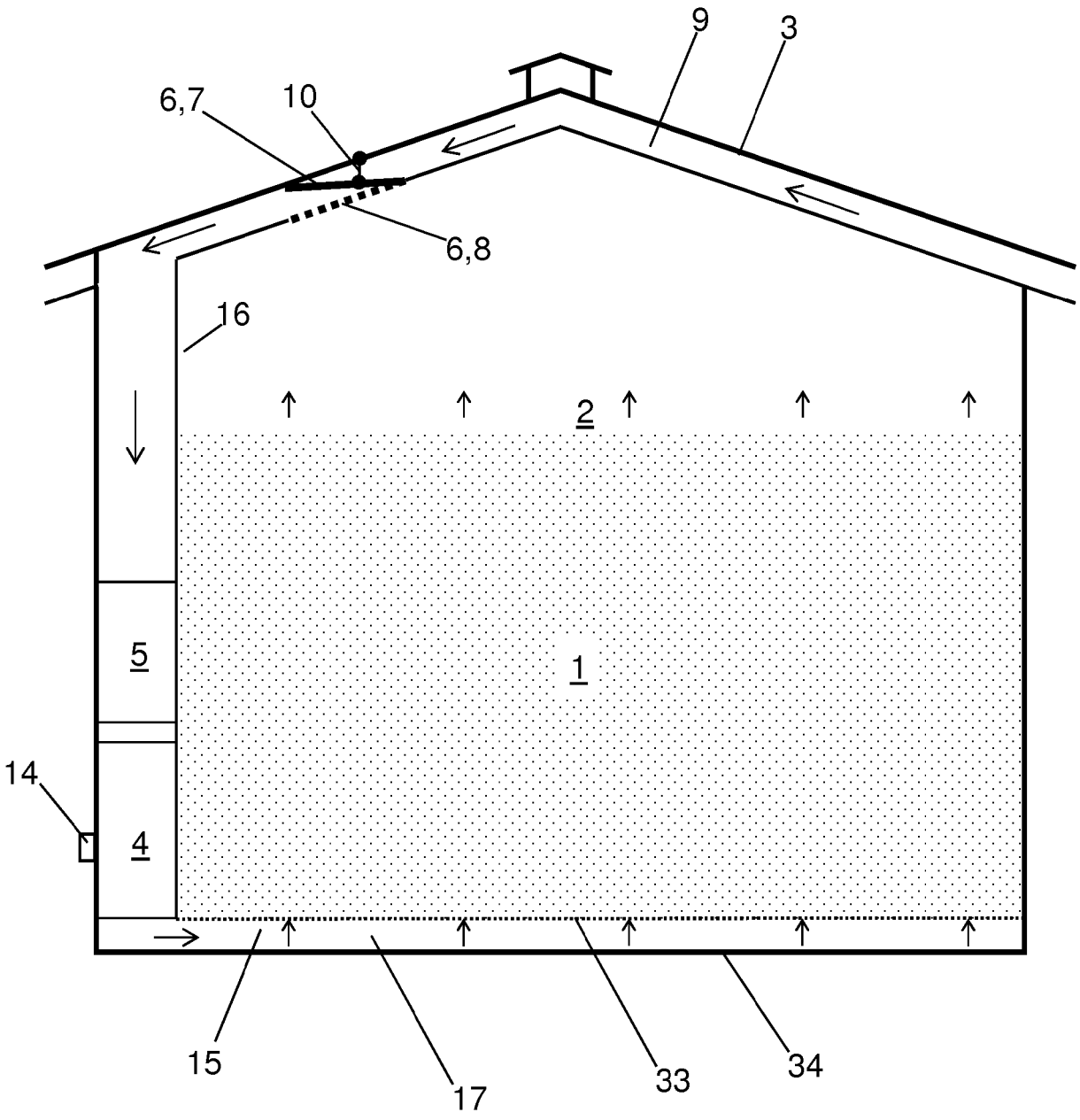


Fig. 4

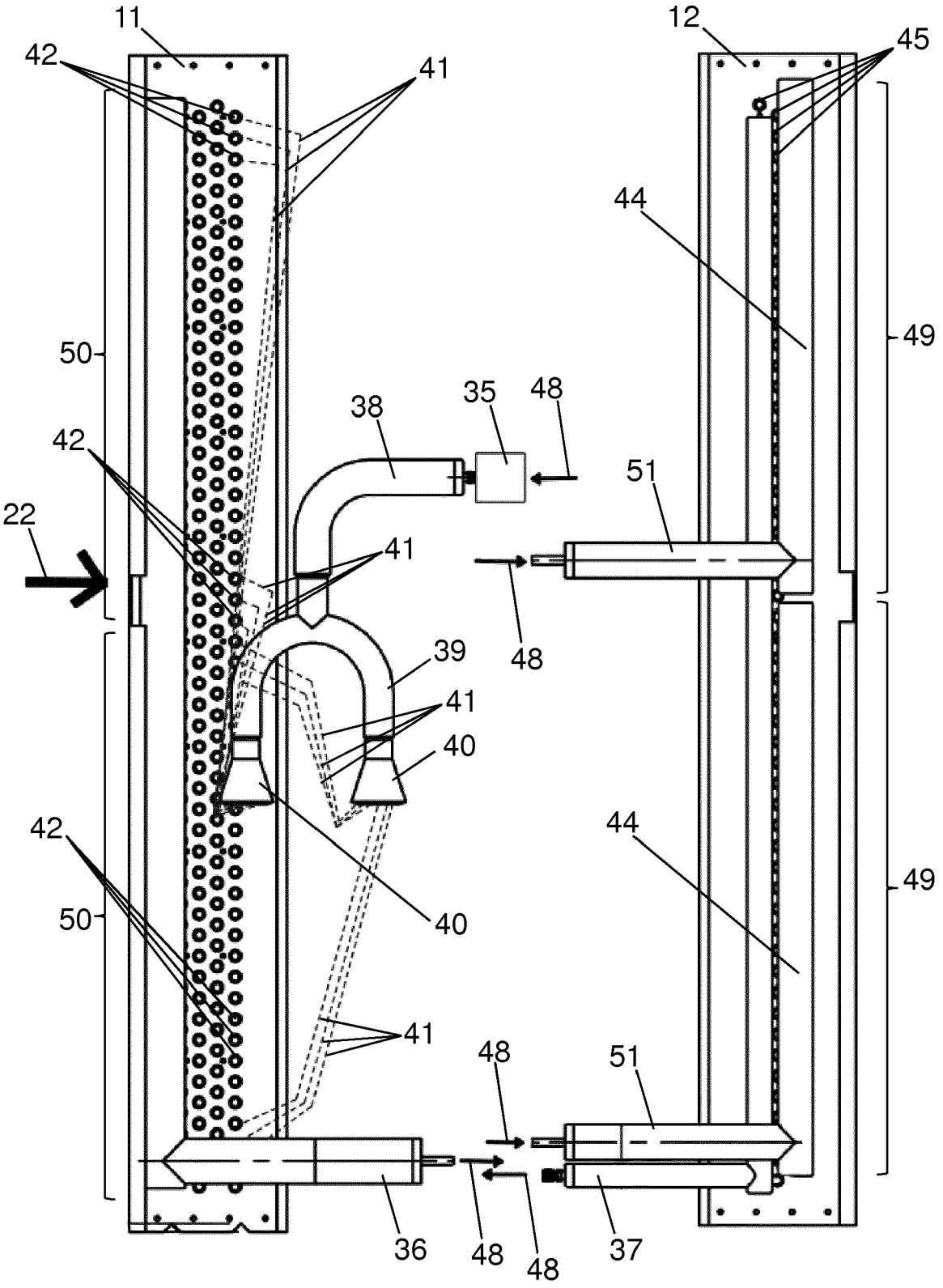

11
12
42
41
45
44
50
49
38
35
48
42
51
22
41
48
39
41
40
42
44
50
40
49
41
48
51
36
48
48
37

Fig. 5

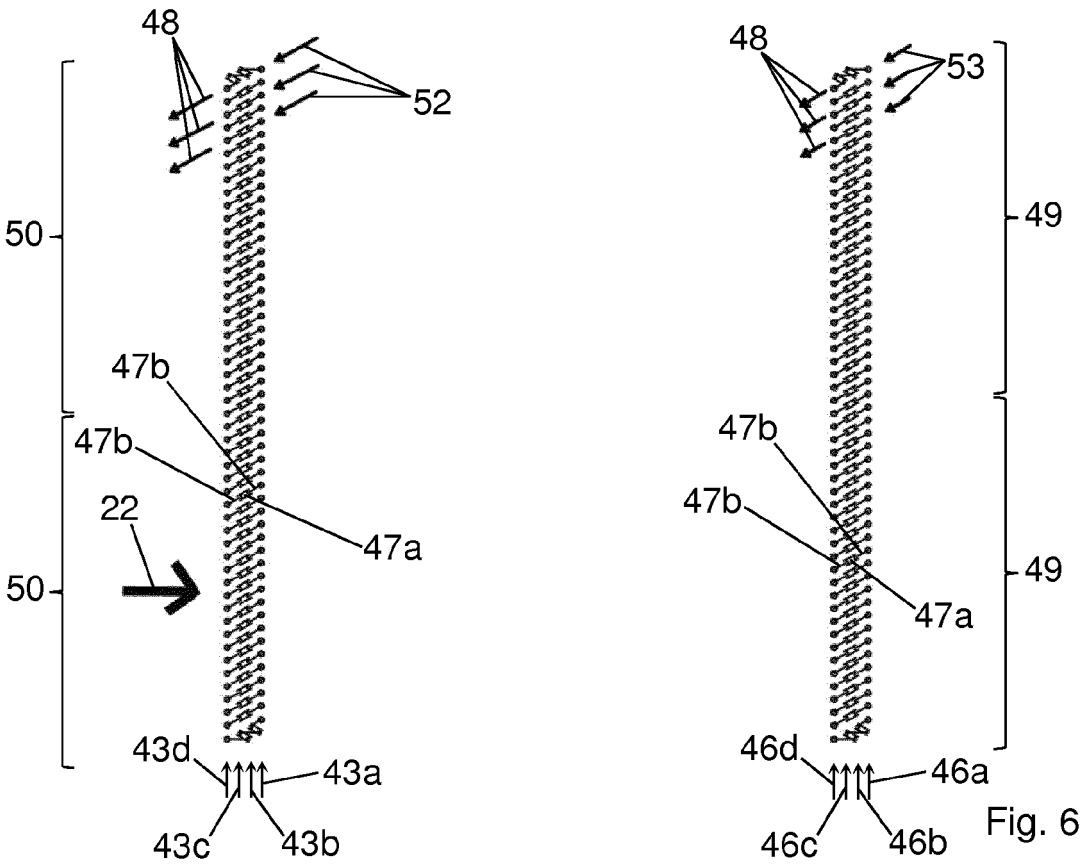

48
52
50
47b
47b
22
47a
50
43d
43a
43c
43b
48
53
49
47b
47b
47a
49
46d
46a
46c
46b

Fig. 6

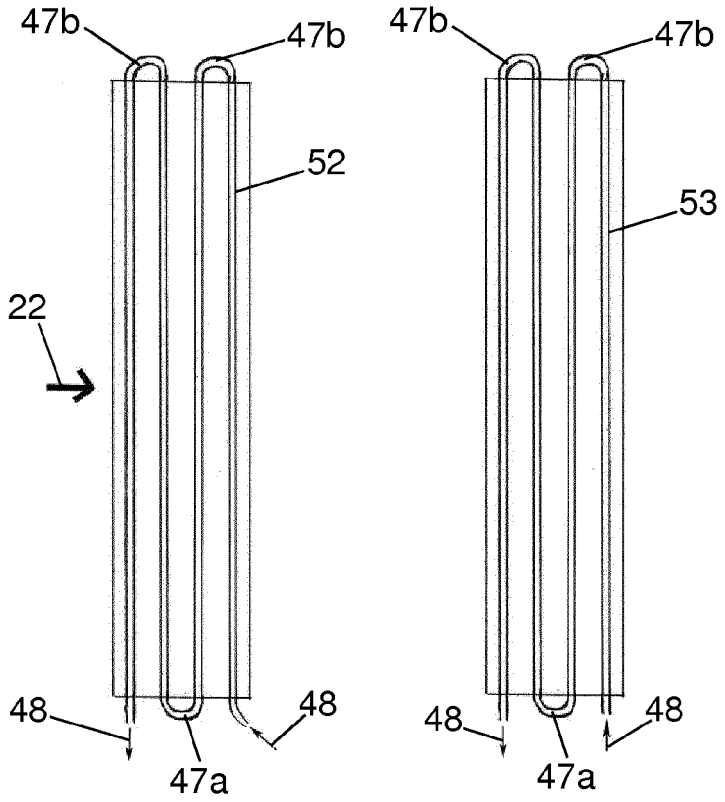

47b
47b
52
22
48
48
47a
47b
47b
53
48
48
47a

Fig. 7

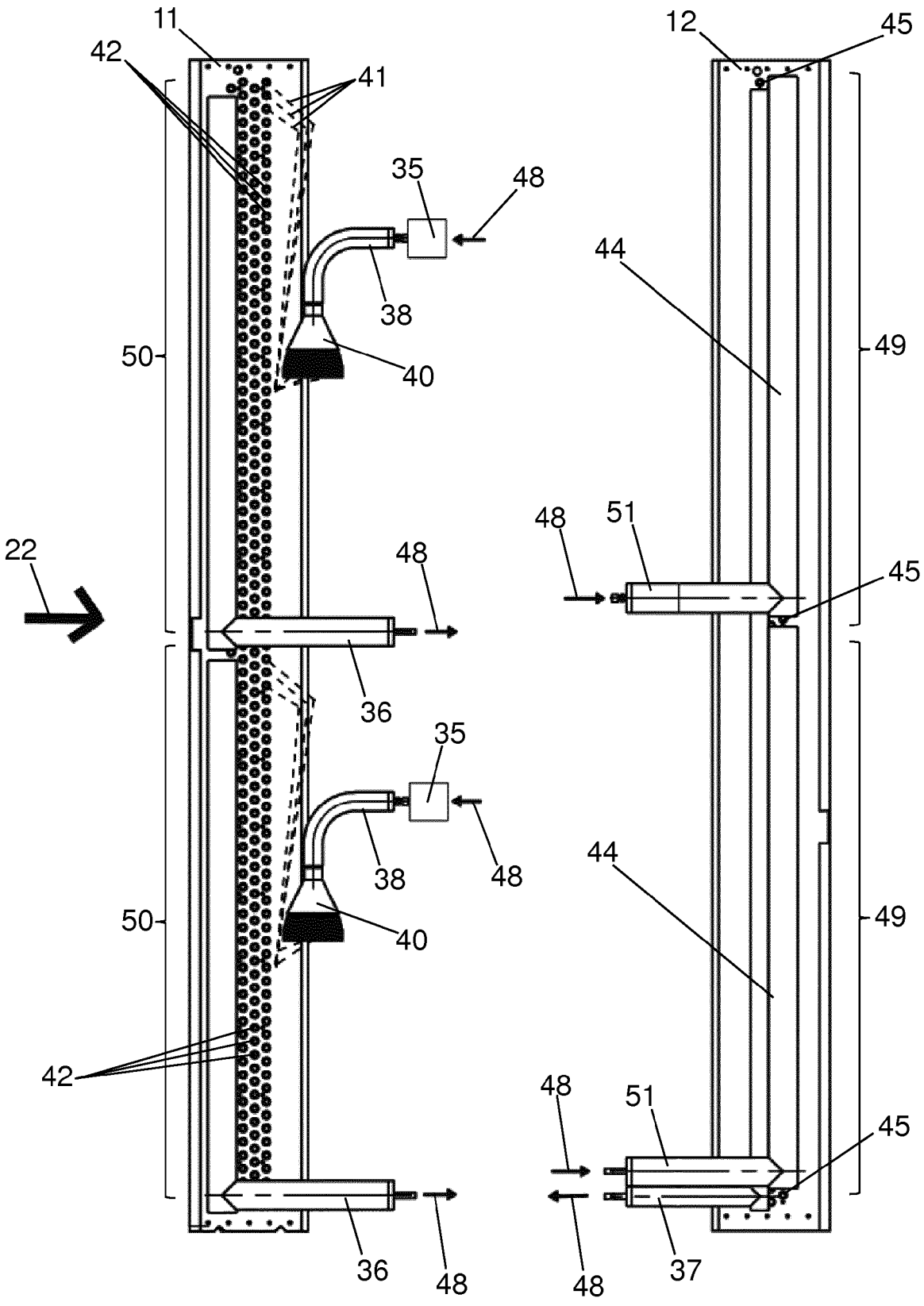

11
42
41
35
48
38
50
40
22
48
36
35
38
48
50
40
42
36
48
12
45
44
49
48
51
45
44
49
48
51
45
48
37

Fig. 8

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 16 3301

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	FR 2 261 490 A1 (MADRE MARC [FR]) 12. September 1975 (1975-09-12) * Abbildungen 1-3 * * Seiten 3-4 * -----	1-6	INV. F26B21/04 F26B21/08 F24F3/14 F28F9/02
A	US 2009/013715 A1 (SETOGUCHI TAKAYUKI [JP] ET AL) 15. Januar 2009 (2009-01-15) * Abbildungen 1-2 * -----	1-6	F28D1/047
A	US 2010/269520 A1 (MOORE STEVEN CLAY [US]) 28. Oktober 2010 (2010-10-28) * Abbildungen 19A-19D * -----	1-6	
A	US 2006/137371 A1 (KNIGHT JOHN T [US] ET AL) 29. Juni 2006 (2006-06-29) * Abbildungen 1-8 * -----	1-6	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

F26B
F24F
F28F
F28D

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag	15. August 2016	De Meester, Reni

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 16 16 3301

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-08-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 2261490 A1	12-09-1975	KEINE	
US 2009013715 A1	15-01-2009	AU 2007223216 A1	13-09-2007
		CN 101375114 A	25-02-2009
		EP 1992888 A1	19-11-2008
		JP 2007240059 A	20-09-2007
		KR 20080097427 A	05-11-2008
		US 2009013715 A1	15-01-2009
		WO 2007102556 A1	13-09-2007
US 2010269520 A1	28-10-2010	US 2010269520 A1	28-10-2010
		US 2010269521 A1	28-10-2010
US 2006137371 A1	29-06-2006	BR PI0519461 A2	27-01-2009
		CA 2591236 A1	06-07-2006
		EP 1831610 A1	12-09-2007
		US 2006137371 A1	29-06-2006
		US 2010229579 A1	16-09-2010
		WO 2006071858 A1	06-07-2006

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1559470 A1 **[0004]**