

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50858/2016
(22) Anmeldetag: 27.09.2016
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2019

(51) Int. Cl.: **F26B 1/00** (2006.01)
F26B 3/06 (2006.01)
F26B 7/00 (2006.01)
F26B 9/06 (2006.01)
B02B 1/02 (2006.01)
B02B 1/08 (2006.01)

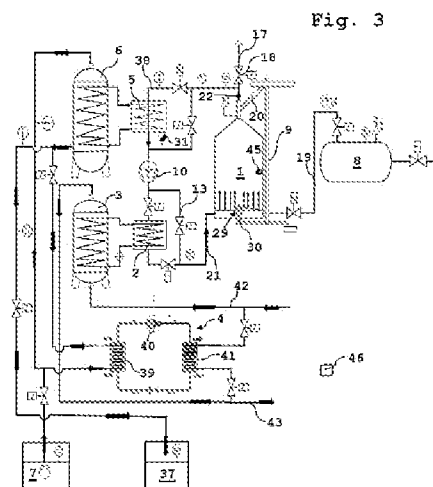
(56) Entgegenhaltungen:
RU 2392793 C1
DE 2947759 A1
DE 10358260 A1
DE 4424846 A1

(73) Patentinhaber:
Tamburini Luciano
9073 Klagenfurt-Viktring (AT)

(74) Vertreter:
Kliment & Henhapel Patentanwälte OG
1010 Wien (AT)

(54) Verfahren zur Trocknung von Schüttgut

(57) Gezeigt wird ein Verfahren zur konvektiven Trocknung von Schüttgut in einem Behälter (1), wobei in einem Trocknungsschritt das zu trocknende Schüttgut in dem Behälter (1) von einem Gasgemisch umströmt wird, welches in dem zu trocknenden Schüttgut enthaltenes Wasser aufnimmt und anschließend aus dem Behälter (1) abgeleitet wird, wobei vor dem Trocknungsschritt ein Kühlschritt durchgeführt wird, bei dem das Schüttgut auf eine Temperatur kleiner der Umgebungstemperatur gebracht wird, und sowohl der Kühlschritt als auch der Trocknungsschritt im gleichen gasdichten Behälter (1) stattfinden.



Beschreibung

VERFAHREN ZUR TROCKNUNG VON SCHÜTTGUT

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur konvektiven Trocknung von Schüttgut in einem Behältnis, wobei in einem Trocknungsschritt das zu trocknende Schüttgut in dem Behältnis von einem Gasgemisch umströmt wird, welches in dem zu trocknenden Schüttgut enthaltenes Wasser aufnimmt und anschließend aus dem Behältnis abgeleitet wird, sowie eine entsprechende Trocknungsvorrichtung. Als Schüttgut kommen insbesondere: landwirtschaftliche Güter wie vorzugsweise Erntegüter (Getreide, Mais, Soja, Hülsenfrüchte et cetera), Lebensmittel und Futtermittel, granulare Materie (Kunststoff, Stein und pharmazeutische Granulate) und technische Produkte in Frage.

STAND DER TECHNIK

[0002] Viele landwirtschaftliche Produkte und vor allem Erntegüter werden in der Regel mittels Konvektionstrocknung haltbar gemacht. Bei der Konvektionstrocknung wird das zu trocknende Gut von einem erhitzten Trägergas (zum Beispiel Luft) umströmt, wobei die Wärme des Gases auf das Gut übertragen und Feuchtigkeit an das Gas abgegeben wird. Generell sind feine Trockengüter in der Lage, Feuchtigkeit schneller an die Umgebung abzugeben als grobkörnige. Der Prozess der Lufttrocknung ist abhängig von der Luftfeuchtigkeit, der Lufttemperatur, der Luftgeschwindigkeit im Trockner und der Beschaffenheit der Oberfläche des Trockengutes. Üblicherweise wird die Luft mit Öl- oder Gasöfen erwärmt. Gängige Trocknertypen sind: Container- sowie Silosatztrockner, Dächerschachttrockner, Durchlauf Trockner, Lagerbelüftungstrockner und Bandtrocknungsanlagen. Weiters kann in Strahlungstrocknung, Kontakt Trocknung und Vakuumtrocknung unterteilt werden, wobei die Kontakt Trocknung und vor allem die Konvektionstrocknung am weitesten verbreitet für die Trocknung von Erntegut ist.

[0003] Die Trocknung ist für die Haltbarmachung vieler pflanzlicher Erntegüter unerlässlich. Bedingt durch einen hohen Energiebedarf der Trocknungssysteme, können die Trocknungskosten über ein Drittel der Erzeugungskosten betragen, weshalb eine energieeffiziente Trocknung ein maßgeblicher Aspekt für Betriebe und vor allem für die Wettbewerbsfähigkeit von Getreideproduzenten ist.

[0004] Aus der DE 10250784 B4 ist ein Verfahren zur konvektiven Trocknung von Nass- oder Feuchtgut bekannt, wobei das zu trocknende Gut in einem Trockner mit einem Trocknungsgas beaufschlagt wird, welches beim Trocknungsvorgang in dem zu trocknenden Gut enthaltenes Wasser aufnimmt und welches nach dem Trocknungsvorgang aus dem Trockner als Abgas abgeführt wird.

[0005] Oftmals muss eine Trocknungsanlage große Mengen an Erntegut in kurzer Zeit annehmen und verarbeiten (trocknen) können, da in den vergangenen Jahren die Kapazität einiger kommerziell erhältlicher moderner Mähdrescher gestiegen ist und Schlechtwetterbedingungen das Zeitfenster von der Ernte (Drusch) bis zur Lagerfestmachung verkürzen können. Nur selten ergeben sich ideale Wetterverhältnisse, wenn das Erntegut (zum Beispiel Korn) den endgültigen Reifezustand erreicht hat, weshalb eine schnelle Lagerfestmachung unerlässlich ist, da die physikalischen Lagereigenschaften des Ernteguts zum großen Teil von dem Klimazustand (Feuchtegehalt) und der Temperatur während der Ernte und der Lagerung abhängen. Mikroorganismen und biochemische Abbauvorgänge im Korn führen zeitabhängig zu Verlusten, welche sich von einer Qualitätsminderung über einen Gewichtsverlust bis hin zum völligen Verderb erstrecken können. In Silotrocknern sind der Lagerraum und die Trocknerfunktion in einer Einheit kombiniert, wodurch einerseits Platz gespart wird, jedoch kann bei konventioneller Trocknung in belüfteten und ungekühlten Behältnissen wie zum Beispiel einigen Silos, bei grobkörnigem oder ungleichmäßig großem Erntegut und vor allem Erntegut mit einer hohen Erntefeuchte

wie zum Beispiel Mais, an der Oberfläche von großen Körnern die gewünschte Trocknung optisch erreicht sein, sich jedoch im Korninneren noch Restwasser befinden. Dadurch entsteht ein Schwitzprozess, da Wasser vom Inneren nach außen abwandert und sich an der Oberfläche ansammelt. Dieses Wasser bietet Pilzen, Bakterien und anderen Mikroorganismen einen idealen Nährboden, resultierend in Qualitätsverlusten des Ernteguts. Schädlingsbefall durch Insekten ist hierzu auch anzuführen. Qualitätsverluste werden allerdings auch durch Über Trocknung des Ernteguts, durch zu lange Trocknungsdauer oder zu hohe Temperatur erzielt.

[0006] Die RU 2392793 C1 betrifft ein Verfahren zum Trocknen und Lagern von Getreide, wobei zum Trocknen bei der Lagerung künstlich entwässerte Luft zur Körnermasse in zwei zyklisch alternierenden Stufen zugeführt wird, wobei in der ersten Stufe Luft mit einer Temperatur unterhalb des Taupunkts und getrennt von kondensierter Feuchtigkeit und in einer zweiten Stufe diese Luft wieder auf Umgebungstemperatur erhitzt wird, wodurch es möglich ist die Feuchtigkeit in den Körnern zu entfernen. Der in der RU 2392793 C1 beschriebene Trocknungsprozess wird jedoch nicht in einer inerten Atmosphäre durchgeführt.

[0007] Die DE 2947759 A1 betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Trocknen von Schüttgut, insbesondere Getreide, unter Verwendung von durch die Schüttung geführtem Gas zur Aufnahme und Abführung von Feuchtigkeit, wobei gekühltes Gas verwendet wird, das sich später bei Durchtritt durch die Schüttung erwärmt und die Feuchtigkeit damit aus dem Getreide abtransportiert. Die DE 2947759 A1 behandelt kein Trocknungsverfahren in inerter Atmosphäre.

AUFGABE DER ERFINDUNG

[0008] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, die Nachteile des Stands der Technik zu überwinden und ein Verfahren zur Nasslagerung und Trocknung von Schüttgütern und granularer Materie vorzuschlagen, mittels dem Schüttgüter, insbesondere Erntegüter, sofort nach der Ernte nass eingelagert, anschließend getrocknet und trocken gelagert werden können.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0009] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur konvektiven Trocknung von Schüttgut in einem Behältnis, wobei in einem Trocknungsschritt das zu trocknende Schüttgut in dem Behältnis von einem Gasgemisch umströmt wird, welches in dem zu trocknenden Schüttgut enthaltenes Wasser aufnimmt und anschließend aus dem Behältnis abgeleitet wird. Dabei ist vorgesehen, dass vor dem Trocknungsschritt ein Kühlschritt durchgeführt wird, bei dem das Schüttgut auf eine Temperatur kleiner der Umgebungstemperatur gebracht wird, wobei sowohl der Kühlschritt als auch der Trocknungsschritt im gleichen gasdichten Behältnis stattfinden.

[0010] Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass Lagerraum gespart wird und Schüttgüter, vorzugsweise große Mengen an Erntegut sofort nach dem Drusch in das gasdichte Behältnis eingebracht und gekühlt gelagert werden können, wodurch Qualitätsverluste und Beschädigungen des Schüttguts stark vermindert werden, weshalb eine witterungsunabhängige Einlagerung auch bei der erfindungsgemäßen Trocknungsvorrichtung ermöglicht wird.

[0011] Um Pilzen, Bakterien (*Escherichia coli*, Enterobakterien, insbesondere Salmonellen), anderen Mikroorganismen und Insekten keinen Nährboden beziehungsweise keine günstigen Lebensbedingungen zur Verfügung zu stellen und um den Keimgehalt zu reduzieren, findet der Trocknungsschritt in einer inerten Atmosphäre statt, da wie zuvor erwähnt, während und nach dem Trocknungsschritt Schwitzwasser auf der Oberfläche von biologischem Schüttgut entstehen kann.

[0012] Dabei wird die inerte Atmosphäre durch Einbringen eines Inertgasgemisches in das Behältnis erzeugt. Dies hat den Vorteil, dass das Gasgemisch vorab stöchiometrisch gemischt werden und bei Bedarf in das Behältnis eingespeist werden kann, wodurch ein einfaches Nachbegasen des Behältnisses ermöglicht wird.

[0013] Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren besteht das Inertgasgemisch aus einem Großteil an Stickstoff, Kohlenstoffdioxid und zumindest einem Edelgas, vorzugsweise Argon.

[0014] Prinzipiell kann das Verfahren mit jeglicher Art von Inertgasen durchgeführt werden, wobei die oben genannte Kombination den Vorteil bietet, dass Stickstoff kostengünstig mit Hilfe einer Druckwechsel-Adsorptionsanlage (PSA) erzeugt werden kann und sich das farb- und geruchslose Gas neutral verhält und keinerlei chemische Rückstände oder Reaktionen am Schüttgut hinterlässt oder eingeht.

[0015] Eine bevorzugte Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das Inertgasgemisch aus 70 bis 95%, insbesondere aus 90% Stickstoff, 5 bis 10%, insbesondere 7% Argon und 2 bis 4%, insbesondere 3% Kohlenstoffdioxid besteht, da Stickstoff wie bereits erwähnt ein reaktionsträges und kostengünstiges Füllmedium ist und Kohlenstoffdioxid das Wachstum einiger Pilzarten und Hefen sowie bestimmter Bakterien hemmt. In höheren Konzentrationen wird bereits das Auskeimen von Pilzsporen verhindert und diese werden zerstört. Aufgrund der höheren Dichte von Argon gegenüber dem Medium Luft, besitzt Argon (als auch Kohlenstoffdioxid) gute Verdrängungseigenschaften. Es ist vorzugsweise vorgesehen, dass das Inertgasgemisch schwerer als das Medium Luft ist, um diese aus dem Inneren des Behältnisses bei der Inertisierung des Behältnisses zu verdrängen.

[0016] In einer bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in einer Endphase des Trocknungsschrittes, also kurz vor der endgültigen Lagerung, zur Entkeimung des Schüttguts die Dosierung des Kohlenstoffdioxids im Inertgasgemisch, auf 5 bis 20% erhöht, um eine verstärkte keimtötende Wirkung und dadurch eine Entkeimung durch die erhöhte Kohlenstoffdioxidkonzentration zu erzielen.

[0017] Um das Inertgasgemisch für die Inertisierung und Nachbegasung des gasdichten Behältnisses vorrätig zu haben, wird in einer bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ein Inertgasspeicher verwendet, welcher mit einem Flaschenlager und einer Dosierstation in Verbindung steht. Über ein Magnetventil und über eine Inertgaszuleitung wird das Inertgasgemisch mittels eines Verdichters vorzugsweise auf einen Druck von 30 bis 40 bar gebracht und in den Inertgasspeicher geleitet.

[0018] Durch die inerte Atmosphäre können Schüttgüter aller Art je nach Anwendung bei 20 bis 110°C erwärmt und mit einem hohen Wirkungsgrad getrocknet werden. Für empfindliche Schüttgüter, vor allem jene aus der Landwirtschaft oder biologische Produkte der Pharmazie, wird eine schonende Temperatur von bevorzugt 30 bis 45°C gewählt, um keine Proteinstrukturen, Enzyme, Pigmente, Antioxidantien oder Vitamine in beispielsweise Lebensmitteln zu zerstören, um eine hohe Keimfähigkeit von Körnern (geringe Trockenmasseverluste) und biologische Wertigkeit des Schüttguts zu wahren. Hierzu wird unter anderem der Schutz des Schüttguts vor Pilzen, insbesondere Lagerpilze und deren Stoffwechselprodukte wie zum Beispiel Mykotoxine, Mikroorganismen wie insbesondere pflanzliche Ein- und Mehrzeller, DNA und RNA Fragmente, Plasmide und Viren, Fumonisine, Fusarien und Insekten durch die inerte Atmosphäre benötigt. Bei einer Trocknungstemperatur zwischen 100 und 120°C können starke Beeinträchtigungen der biologischen Wertigkeit aufgrund von zum Beispiel der Maillard-Reaktionen stattfinden. In kornförmigem Erntegut finden diese Prozesse in noch nicht vollständig ausgereiften Körnern mit einem erhöhten Gehalt an reduzierenden Zuckern bereits bei 80°C statt. Liegt die Kornfeuchtigkeit unter 20 %, ist die Gefahr einer Schädigung größer als bei höheren Kornfeuchten. Aufgrund der inerten Atmosphäre können jedoch niedrigere Trocknungstemperaturen gewählt werden, da zahlreiche chemische Reaktionen neben einer erhöhten Temperatur auch Sauerstoff für ihren Ablauf benötigen. Die Lufttemperatur für die Trocknung von Saatgut sollte beispielsweise 36 °C nicht überschreiten, um Keimschäden zu vermeiden.

[0019] Bevorzugt wird im Trocknungsschritt das Gasgemisch über einen ersten Wärmetauscher, der mit einem Warmwasserspeicher verbunden ist, erwärmt, vorzugsweise auf folgende Temperaturen gebracht: 35 bis 45°C oder 41 bis 65°C oder 55 bis 80°C und in das Innere des Behältnisses geleitet. Die Temperatur des Gasgemisches nach dem ersten Wärmeaustauscher wird aufgrund von folgenden Parametern gewählt: Art, Form, Größe und hygroskopischem Verhalten des zu trocknenden Schüttguts, Verweilzeit des Schüttguts im Behältnis, Gebläseleistung der Ventilatoren und einem erwünschten Trocknungsgrad. Durch die keimtötende bezie-

hungsweise keimmindernde Wirkung des Inertgases wird eine längerfristige Haltbarkeit des Schüttguts ermöglicht und biologisch wertvolle Inhaltsstoffe von Lebens- und Futtermitteln bleiben intakt. Durch die hohe hygienische Wirkung des Gasgemisches kombiniert mit einer schonenden Trocknung, ist das Verfahren auch für anspruchsvolle Anwendungen einsetzbar.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsvariante findet im Trocknungsschritt eine Umschichtung des Schüttguts statt. Durch diese Umschichtung des Ernteguts bei der Trocknung wird dem Korn eine Ruhephase gegeben, wodurch genügend Zeit zur Verfügung steht, dass eine Wasserabwanderung (Kapillarwanderung) vom Korninneren an die Oberfläche des Kornes stattfindet, wodurch entstandenes Schwitzwasser vom Inertgasgemisch aufgenommen und abgeführt werden kann. Durch den geringeren Verlust von Erntegut wird schlussendlich ein höherer Ernteertrag ermöglicht.

[0021] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass zur Schädlingsbekämpfung, Entkeimung und Konservierung des Schüttguts neben dem Inertgas keine Zusatzstoffe wie Insektizide oder Pestizide benötigt werden, um kurz oder langfristig hygienische Lagerungsbedingungen zu schaffen und um das Schüttgut zu konservieren. Um eine hohe Effizienz zu erreichen, also um Mikroorganismen abzutöten, empfiehlt es sich für einige Lebensmittel, je nach Schüttgut unterschiedlich, die Inertgaskonzentration über einen Zeitraum von 6 bis 40 Wochen, vorzugsweise 3 bis 7 Wochen, bei einer Temperatur von vorzugsweise größer als 15°C bei über 98%, vorzugsweise über 99% im Behältnis zu halten, da diese „Sterilisation“ beziehungsweise der Prozess der Dezimierung von Keimen neben einigen Verfahrensparametern auch von der Dauer der Anwendung abhängt.

[0022] Eine bevorzugte Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass der Warmwasserspeicher zumindest aus einer der folgenden Quellen gespeist wird: von einer Wärmepumpe, aus Geothermie, Prozesswärme oder Sonnenkollektoren. Die Verwendung von zumindest einem Wärmeaustauscher, der mit zumindest einem Warmwasserspeicher verbunden ist, welcher durch zumindest eine Wärmepumpe gespeist wird, die wiederum mit einer Energiequelle in Verbindung steht, hat den Vorteil, dass ökologische Energiequellen wie zum Beispiel Geothermie oder Solarkraft, Aufwindkraftwerke, Wasserkraft et cetera gewählt werden können um einerseits in biologischem Bewusstsein zu handeln und andererseits um Energiekosten zu sparen.

[0023] Die Energie für die Wärmepumpe kann aus einem Kaltwasserspeicher, einem Brunnen oder einer sonstigen Wärmequelle mit Wärmerückgewinnung entnommen werden. Es bleibt in einer bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ein Teil der Wärme mittels Prozesswärmerückgewinnung im Kreislauf erhalten, da mittels Wärmepumpe Prozesswärme aus Wasser, welches aus dem Kaltwasserspeicher stammt und durch Wärmeaustausch im zweiten Wärmeaustauscher erwärmt wurde, zurückgewonnen wird. Hierdurch können wiederum Kosten gespart werden und der ökologische Aspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens wird weiter hervorgehoben, da Energie sparsam und effizient eingesetzt werden kann und keine umweltbelastenden (beispielsweise Kohlenstoffdioxid) Dampf- und Geruchsemissionen entstehen wie bei Beheizung mit beispielsweise Öl und Gas.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist das Behältnis so ausgebildet, dass das durch die Gasleitung in das Behältnis einströmende Inertgasgemisch die im Behälter befindliche Luft durch das obere Ventil und den Auslass verdrängt. Das obere Ventil bleibt solange geöffnet, bis die vorbestimmte Menge an Inertgas im Behältnis vorhanden ist. Ist ein Maximalwert von 0,5 - 2%, vorzugsweise 1 - 2% oder 1,5 - 3,5%, vorzugsweise 2 - 3% Restsauerstoff im Behältnis erreicht, so schließt das obere Ventil und die Inertgaszufuhr. Das zugeführte Gasgemisch wird anschließend in einem geschlossenen System mittels zumindest einem Ventilator, vorzugsweise einem Radialventilator im Kreis geführt. Daten wie Behältnisinnendruck, Temperatur, Feuchte, Gasströmung und Restsauerstoffgehalt werden mittels eines SPS- Programms überwacht. Außerdem wird durch die Inertisierung des Behältnisses, die durch Stäube oder Gärprozesse bedingte Explosionsgefahr stark vermindert bis gänzlich verhindert.

[0025] In einer bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zur

Einstellung einer Durchströmungsmenge des Inertgasgemisches eine Regeleinheit verwendet, die eine Steuerung des Drucks und der Durchflussmenge des Gasgemisches ermöglicht. Hierdurch kann eine für das Produkt optimale Durchströmung auf einfache Art und Weise eingestellt werden. Durch den Trocknungsschritt und die inerte Atmosphäre kann das Schüttgut im Behälter sowohl kurzfristig als auch langfristig, vorzugsweise 5 bis 11 Monate lang gelagert werden.

[0026] In einer bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist festgelegt, dass die Strömungsgeschwindigkeit des Inertgasgemisches von der Beschaffenheit und Art des Schüttguts abhängt; genauer gesagt von dessen Feuchte und der Temperatur, bei der man es trocknen will. Diese Parameter werden von Fall zu Fall festgelegt, wobei ein bevorzugtes Gasvolumen bei 20 bis 30.000 kg/h liegt.

Während dem Trocknungsprozess können leichte Gasverluste auftreten. Bei einer zu hohen Rest-Sauerstoffkonzentration im Behälter, kann mittels des im Inertgasspeicher bereitgestellten Inertgasgemisches nachbegast werden.

[0027] Wie zuvor erwähnt, wird Schüttgut und vor allem Erntegut (Getreide, Weizen, et cetera) sofort nach der Ernte in das gasdichte Behälter gekühlt eingelagert, um die Keimaktivitäten zu minimieren. Während der Einlagerung erfolgt bereits ein Kühschritt, der bevorzugt mittels Kühlluft umgesetzt wird. Die Dauer der Abkühlung des Schüttguts im Behälter liegt bei einer Stunde bis zu einem Tag und bevorzugt bei ein bis zwei Tagen.

[0028] In einer bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass als Kühlluft Umgebungsluft verwendet wird. Diese wird aus Kostengründen verwendet und senkt die Temperatur im Behälter während des Kühschritts auf kleinere Werte als jene der Umgebungstemperatur, bevorzugt auf 5 bis 13°C und besonders bevorzugt auf 6 bis 12°C. Die Kühlluft wird bevorzugt durch zumindest einen zweiten Wärmeaustauscher, der mit einem Kaltwasserspeicher verbunden ist, gekühlt.

[0029] Bevorzugter Weise wird in einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens der Kaltwasserspeicher von einem Brunnen oder einer Wärmepumpe gespeist. Andere Kältequellen wie beispielsweise ein Fluss oder ein See sind denkbar. Vorteilhaft ist, dass während des Kühschritts zusätzliches Schüttgut in das Behälter eingebracht werden kann, da somit auch zusätzlich eingebrachtes Erntegut sofort nach der Ernte gekühlt eingelagert werden kann.

[0030] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass das Gasgemisch in einer bevorzugten Ausführungsvariante in einem gasdichten geschlossenen System im Kreis geführt wird, da somit die Umweltbelastung und die Kosten reduziert werden. Problematisch ist, dass das bei bekannten Trocknungsverfahren anfallende Abgas je nach Beschaffenheit des zu trocknenden Nass- oder Feuchtguts mit Geruchs- und zu Teil mit Keimen belastet sein kann. Derartige Abgase dürften in der Regel nicht ohne vorherige Behandlung in die Umwelt abgegeben werden. Insbesondere bei der Trocknung von stark wasserhaltigem Getreide (Mais) bestehen Akzeptanzprobleme durch die Öffentlichkeit, mit welchen sich die Betreiber entsprechender Anlagen auseinandersetzen müssen. Durch die inerte Atmosphäre wird der Abbau von organischen Komponenten in dem zu trocknenden Gut vorteilhafterweise gefördert; es kommt somit zu einer Hygienisierung.

[0031] Das im Trocknungsschritt mit Feuchtigkeit gesättigte Gasgemisch wird vor dem erneuten Erwärmen in einer besonders bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens auskondensiert, also das enthaltene Wasser größtenteils abgeschieden, wodurch nur bei Bedarf nachbegast wird und kein vollständiger Gaswechsel stattfinden muss. Bei dieser Verfahrensvariante werden beim Trocknungsvorgang das Trocknungsgas in einem geschlossenen Kreis geführt und die Feuchte auskondensiert. Somit werden mit dem Verfahren Geruchsstoffe und Keime durch das Inertgasgemisch eliminiert und mit dem Kondensat aus dem Trockner abgeführt. Dadurch kann der Einsatz von kostenintensiven Biowäschern oder Biofiltern im Abgasstrom eingespart werden.

[0032] Bevorzugt wird bei der Erntegutannahme und/ oder der Einlagerung mittels Stichproben der Toxingehalt des Ernteguts getestet, wobei Toxinwerte für eine Vielzahl verschiedener Toxi-

ne vorzugsweise unter 10 µg/kg liegen. Eine umfassende Qualitätskontrolle bei der Annahme des Ernteguts (Vorreinigung, optische Sortierung) kann eine effiziente Reduktion von Mykotoxinen in den Endprodukten, insbesondere bei Mais erzielen, wodurch eine hohe Qualität des Produktes über die gesamte Wertschöpfungskette erzielt werden kann.

[0033] In einer weiteren bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens kommen in der Trocknungsvorrichtung als Mittel zur Einfuhr von Schüttgut in das gasdichte Behältnis eine Schüttgutzuführung, insbesondere in Form eines Liftes, und ein Austragungsmechanismus, insbesondere in Form einer Austragungsschnecke, in Frage. Zur Umschichtung des Schüttguts im Behältnis wird ein Teil des Schüttguts im unteren Teil des Behältnisses nach einer angemessenen Trocknungszeit schichtenweise durch die horizontal kreisende und rotierende Austragungsschnecke mittig ausgetragen. Nach der Austragung wird ein unterhalb der Behältnisplatte befindlicher Schieber vorzugsweise pneumatisch verschlossen. Eine horizontale Paddelschnecke befördert das ausgetragene Schüttgut zu einem Lift, der es nach oben transportiert und bei geöffneter Einfuhrklappe über einen Zubringmechanismus wie vorzugsweise einem Förderband, einer Schnecke oder einer Rutsche, zurück in das Behältnis befördert. Mit dieser Umschichtung wird gewährleistet, dass das Schüttgut angemessen durchmischt wird und keine feuchten „Nester“ in einer Schüttmasse entstehen können. Im Falle von körnigem Erntegut, bekommt das Korn bei dieser Art der Umschichtung eine Ruhephase, um im Korninneren enthaltenes Wasser an die Oberfläche abzuleiten. Sowohl die Einrichtungen für die Schüttgutzuführung als auch für den Austrag und die Umschichtung sind im Falle eines gasdichten geschlossenen Systems gasdicht auszuführen.

[0034] In einer bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Behältnis, vorzugsweise ein Silo, kontinuierlich und automatisch mit dem zu trocknenden Schüttgut beschickt, der Kühlschritt eingeleitet, inertisiert, der Trocknungsschritt eingeleitet und nach Abschluss des Trocknungsschritts entleert, sowie das getrocknete und zumindest keimreduzierte Schüttgut einer weiteren Verarbeitung zugeführt. Im Inneren des Behältnisses befinden sich Sensoren und Sonden, welche die Luftfeuchte und die Temperatur messen. Über eine Steuereinheit werden während des Trocknungsschrittes Intervallzeiten für die Umschichtung des Schüttguts bestimmt; genauer gesagt wann das Schüttgut über vorzugsweise eine Austragungsschnecke entnommen und über eine Erntegutzuführung, vorzugsweise einen Lift, vertikal nach oben und zurück in das Behältnis befördert wird. Die Steuereinheit regelt neben den Intervallzeiten auch den Einfluss auf den Wärmeübergang zwischen dem Heizmedium, vorzugsweise in Form des Wärmeaustauschers, und dem Schüttgut, vorzugsweise Erntegut, sowie die Strömungsgeschwindigkeit des Gasgemisches mittels Regulation der Gebläseleistung. Bevorzugt wird die Anfangsfeuchte von Erntegut von 30 bis 40% auf 10 bis 14% bei Mais oder von 12 bis 18% auf 8 bis 10% bei Weizen oder Soja in mehreren Vorgängen der Umschichtung im Behältnis, bei einer vorgegebenen Zeit und bei niedriger Temperatur schonend durch Trocknung reduziert. Durch die Automatisierung der zuvor erwähnten Vorgänge ist eine einfache Prozessführung möglich, da im Gegensatz zu vielen herkömmlichen Verfahren, einige Prozessparameter konstant gehalten werden können.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0035] 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.

[0036] Dabei zeigt:

[0037] Fig. 1 eine schematische Darstellung des Kühlprozesses des erfindungsgemäßen Verfahrens

[0038] Fig. 2 eine schematische Darstellung des Inertisierungsvorgangs des erfindungsgemäßen Verfahrens

[0039] Fig. 3 eine schematische Darstellung des Trocknungsprozesses des erfindungsgemäßen Verfahrens

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0040] Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung des Kühl-schrittes des erfindungsgemäßen Verfahrens. Während des gesamten Füllvorgangs wird das Schüttgut, vorzugsweise Erntegut, über eine Schüttgutzuführung 9, vorzugsweise einen Lift, in ein Behältnis 1, vorzugsweise einen Silo, eingebracht. Das Schüttgut, vorzugsweise Erntegut, wird sofort bei der Einbringung mittels Kühlluft auf eine Temperatur kleiner der Umgebungstemperatur, vorzugsweise auf 5 bis 11°C oder 7 bis 13°C abgekühlt. Die Kühlluft wird aus der Umgebungsluft gewonnen und wird über einen Lufteinlass 11 durch einen Filter 12 mittels zumindest einem Ventilator 10, vorzugsweise einem Radialventilator, eingesaugt, über die Leitung 38 zu zumindest einem zweiten Wärmeaustauscher 5 geleitet, wo sie mittels dieses Wärmeaustauschers, der mit zumindest einem Kaltwasserspeicher 6 in Kontakt steht, der über eine Kältequelle, vorzugsweise einen Brunnen 7 und/ oder einer Wärmepumpe 4 (siehe Fig. 3) gespeist wird, gekühlt wird. Wasser, das durch den Wärmeaustausch mit der Kühlluft im zweiten Wärmeaustauscher 5 erwärmt wurde, wird in einen Rücklauf-Sickerbrunnen 37 abgeführt oder der Wärmepumpe 4 zugeführt (siehe Fig. 3).

[0041] Vom Wärmeaustauscher 5 aus wird die Kühlluft über eine Gasleitung 44, den Ventilator 10, eine Bypassleitung 13 geführt, von einem Ventil 14 gesteuert und über die Gaszuleitung 21 in einen vorzugsweise horizontalen, runden oder quaderförmigen Boden des Behältnisses 1 eingebracht, welcher mit Durchtrittsöffnungen 16, vorzugsweise mit Lochblechen oder Spaltsieben, versehen ist und mittels dieser Durchtrittsöffnungen 16 gleichmäßig im Inneren des Behältnisses 1, vorzugsweise Silos verteilt. Die Kühlluft steigt nach oben und durchströmt somit das im Behältnis 1 befindliche Schütt- beziehungsweise Erntegut und kühlt es auf eine Temperatur von 5 bis 11°C, bevorzugt 6 bis 10°C oder 7 bis 13°C, bevorzugt 8 bis 12°C ab. Mittels des Auslasses 17, wird die vom Schütt- oder Erntegut erwärmte Kühlluft über ein oberes Ventil 18, ins Freie geleitet. Eine Ausführungsvariante, in der statt einem oberen Ventil 18 eine Klappe oder ein ähnlicher Öffnungs- beziehungsweise Verschlussmechanismus verwendet wird, ist denkbar.

[0042] Während der Kühlung und während der Befüllung des Behältnisses 1 bleibt eine Inertgaszufuhrleitung 19 (siehe Fig. 2) verschlossen, um unnötigen Verbrauch von Inertgas zu vermeiden. Bei Erreichen einer bevorzugten Füllstandsmenge, werden eine gasdicht verschließbare Befüllungsklappe 20 beziehungsweise ein gasdicht verschließbarer Einlasschieber und der gasdicht verschließbare Lufteinlass 11 geschlossen und eine Inertisierung des Behältnisses 1 beginnt.

[0043] In Figur 2 ist eine schematische Darstellung des Inertisierungsvorgangs des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Zuerst wird ein Inertgasgemisch, welches vorzugsweise aus Stickstoff, Kohlendioxid und zumindest einem Edelgas (Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon, Radon) besteht, zur raschen Beschickung des Behältnisses 1 und zur Nachbegasung in einem Inertgasspeicher 8 bereitgestellt, wobei Stickstoff vorzugsweise mittels einer PSA (Pressure Swing Adsorption) - Anlage 15 in Kombination mit einer Druckluftanlage 23 (bestehend aus: Kompressor 32, Druckluftbehälter 33 mit Kondensatablass 34, Trockner 36 mit Kondensatablass 35) erzeugt wird. In einer bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist ein Flaschenlager 24 über eine Dosierstation 25, ein Magnetventil 26 und über einen Verdichter 27 mit dem Inertgasspeicher 8 verbunden. In einer bevorzugten Ausführungsvariante wird das Inertgasgemisch auf einen Druck von 30 - 40 bar mittels des Verdichters 27 gebracht.

[0044] Über ein Magnetventil 28 wird das Inertgasgemisch weitergeleitet und der Gasdruck mittels Druckminderer auf vorzugsweise 0,1 bis 0,2 bar oder 0,2 bis 1,0 bar reduziert und das Gasgemisch mittels Inertgaszufuhrleitung 19 und Gaszuleitung 21 in das Behältnis 1 geleitet, wo es durch die Durchtrittsöffnungen 16, vorzugsweise Spaltsiebe oder Lochbleche, gleichmäßig im Inneren des Behältnisses 1, vorzugsweise Silos verteilt wird. Nach vollständiger Befüllung des Behältnisses 1 mit dem Inertgasgemisch, also nach Verdrängung des Luftsauerstoffs, wird das obere Ventil 18 geschlossen.

[0045] Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung des Trocknungsschrittes des erfindungsge-

mäßen Verfahrens. Am Boden des Behältnisses 1 ist eine gasdicht verschließbare Produktauslassöffnung 29 angeordnet, welche mittels eines Auslassschiebers oder ähnlichem verschließbar ist. Als Produktaustragungsmechanismus 30 wird vorzugsweise eine Austragungsschnecke verwendet. Bei geschlossenem, oberem Ventil 18, wird das mit Feuchtigkeit gesättigte Inertgasgemisch über die Gasableitung 22 zum zweiten Wärmeaustauscher 5 geleitet, wo Wasser aus dem Gas vorzugsweise bei 9 bis 21°C oder 4 bis 19°C auskondensiert und über einen Kondensatablass 31 an die Umgebung abgeführt wird. Das entwässerte Inertgasgemisch wird mittels Ventilator 10 zum ersten Wärmeaustauscher 2 geleitet, wo es auf die gewünschte Temperatur gebracht und über die Gaszuleitung 21 in das Innere des Behältnisses 1 zurück geleitet wird.

[0046] Vom zweiten Wärmeaustauscher 5 erwärmtes Wasser kann aus dem Kaltwasserspeicher 6 einerseits in den Rücklauf-Sickerbrunnen 37 abgeführt oder der Wärmepumpe 4 zur Abkühlung zugeführt und abgekühlt wieder dem Kaltwasserspeicher 6 zugeführt werden. Über die Wärmepumpe 4 (bestehend aus Verdampfer 39, Kompressor 40, und Verflüssiger 41) kann mittels Zulauf 42 dem Warmwasserspeicher 3 Warmwasser zugeführt werden. Von einer sonstigen Wärmequelle 46 kann Wärme über den Zulauf 42 direkt zu dem Warmwasserspeicher 3 zugeführt werden. Warmes Wasser kann aus dem Warmwasserspeicher 3 über einen Rücklauf 43 wieder der Wärmepumpe 4 zum Erwärmen rückgeführt oder aus dem Prozess ausgekoppelt werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

- | | |
|----|--------------------------|
| 1 | Behältnis |
| 2 | erster Wärmeaustauscher |
| 3 | Warmwasserspeicher |
| 4 | Wärmepumpe |
| 5 | zweiter Wärmeaustauscher |
| 6 | Kaltwasserspeicher |
| 7 | Brunnen |
| 8 | Inertgasspeicher |
| 9 | Schüttgutzuführung |
| 10 | Ventilator |
| 11 | Lufteinlass |
| 12 | Filter |
| 13 | Bypassleitung |
| 14 | Ventil |
| 15 | PSA-Anlage |
| 16 | Durchtrittsöffnungen |
| 17 | Auslass |
| 18 | Oberes Ventil |
| 19 | Inertgaszufuhrleitung |
| 20 | Befüllungsklappe |
| 21 | Gaszuleitung |
| 22 | Gasableitung |

- 23 Druckluftanlage
- 24 Flaschenlager
- 25 Dosierstation
- 26 Magnetventil
- 27 Verdichter
- 28 Magnetventil
- 29 Produktauslassöffnung
- 30 Produktaustragungsmechanismus
- 31 Kondensatablass 3
- 32 Kompressor
- 33 Druckluftbehälter
- 34 Kondensatablass
- 35 Kondensatablass
- 36 Trockner
- 37 Rücklauf-Sickerbrunnen
- 38 Leitung
- 39 Verdampfer
- 40 Kompressor
- 41 Verflüssiger
- 42 Zulauf
- 43 Rücklauf
- 44 Gasleitung
- 45 Sensoren
- 46 Sonstige Wärmequelle

Patentansprüche

1. Verfahren zur konvektiven Trocknung von Schüttgut in einem Behältnis (1), wobei in einem Trocknungsschritt das zu trocknende Schüttgut in dem Behältnis (1) von einem Gasgemisch umströmt wird, welches in dem zu trocknenden Schüttgut enthaltenes Wasser aufnimmt und anschließend aus dem Behältnis (1) abgeleitet wird, wobei vor dem Trocknungsschritt ein Kühlschritt durchgeführt wird, bei dem das Schüttgut auf eine Temperatur kleiner der Umgebungstemperatur gebracht wird, wobei sowohl der Kühlschritt als auch der Trocknungsschritt im gleichen gasdichten Behältnis (1) stattfinden, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Trocknungsschritt in einer inerten Atmosphäre stattfindet, dass die inerte Atmosphäre durch Einbringen eines Inertgasgemisches in das Behältnis (1) erzeugt wird und dass das Inertgasgemisch aus Stickstoff, Kohlenstoffdioxid und zumindest einem Edelgas, vorzugsweise Argon besteht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Inertgasgemisch aus 70 - 95%, insbesondere 90% Stickstoff, 5 - 10%, insbesondere 7% Argon und 2 - 4%, insbesondere 3% Kohlenstoffdioxid besteht.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einer Endphase des Trocknungsschrittes zur Entkeimung des Schüttguts die Dosierung des Kohlenstoffdioxids im Inertgasgemisch auf 5 - 20% erhöht wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Trocknungsschritt eine Umschichtung des Schüttguts stattfindet.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Trocknungsschritt das Gasgemisch über einen ersten Wärmeaustauscher (2), der mit einem Warmwasserspeicher (3) verbunden ist, erwärmt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das im Trocknungsschritt mit Feuchtigkeit gesättigte Gasgemisch vor dem erneuten Erwärmen auskondensiert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Warmwasserspeicher (3) zumindest aus einer der folgenden Quellen gespeist wird: von einer Wärmepumpe (4), aus Geothermie, Prozesswärme oder Sonnenkollektoren.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energie für die Wärmepumpe (4) aus einem Kaltwasserspeicher (6), einem Brunnen (7) oder einer sonstigen Wärmequelle (46) mit Wärmerückgewinnung entnommen wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kühlschritt mittels Kühlluft umgesetzt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Kühlluft Umgebungsluft verwendet wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur im Behältnis (1) während des Kühlschritts auf 5 bis 13°C, vorzugsweise 6 bis 12°C, abgesenkt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 - 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlluft durch einen zweiten Wärmeaustauscher (5), der mit einem Kaltwasserspeicher (6) verbunden ist, gekühlt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kaltwasserspeicher (6) von einem Brunnen (7) oder einer Wärmepumpe (4) gespeist wird.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Kühlschritts zusätzliches Schüttgut in das Behältnis (1) eingebracht wird.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gasgemisch in einem gasdichten geschlossenen System im Kreis geführt wird.

16. Trocknungsvorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 15, umfassend Mittel zur Einbringung von Schüttgut in ein gasdichtes Behältnis (1) und Mittel zur Abfuhr von Schüttgut aus dem Behältnis (1), einer Gaszuleitung (21) und einer Gasableitung (22), wobei ein erster (2) und ein zweiter (5) Wärmeaustauscher mit dem Behältnis (1) verbunden sind, wobei der zweite Wärmeaustauscher (5) zur Kühlung und der erste Wärmeaustauscher (2) zur Erwärmung eines Gasgemisches verwendbar sind, welches über die Gaszuleitung (21) dem gasdichten Behältnis (1) zuführbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Zuführen von Inertgas in das Behältnis (1) ein Inertgasspeicher (8), insbesondere über die Gaszuleitung (21), mit dem Behältnis (1) verbunden ist.
17. Trocknungsvorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass an eine Zuleitung (19) zum Inertgasspeicher (8) zumindest eine Inertgasquelle anschließbar ist.
18. Trocknungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Wärmeaustauscher (2) mit einem Warmwasserspeicher (3) verbunden ist.
19. Trocknungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Mittel zur Umschichtung des Schüttguts im Behältnis (1) vorhanden ist.
20. Trocknungsvorrichtung nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Warmwasserspeicher (3) zumindest mit einer der folgenden Quellen verbunden ist: mit Geothermie, Prozesswärme, Sonnenkollektoren, und/oder einer Wärmepumpe (4).
21. Trocknungsvorrichtung nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmepumpe (4) mit zumindest einer der Quellen verbunden ist: einem Kaltwasserspeicher (6), Geothermie, Solarkollektoren oder sonstigen Wärmequellen (46) mit Wärmerückgewinnung.
22. Trocknungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Wärmeaustauscher (5) mit einem Kaltwasserspeicher (6) verbunden ist.
23. Trocknungsvorrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kaltwasserspeicher (6) mit einem Brunnen (7) verbunden ist.
24. Trocknungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Lufteinlass (11) für Umgebungsluft vorgesehen ist, der zur Kühlung der Umgebungsluft mit dem zweiten Wärmeaustauscher (5) verbunden ist, und die gekühlte Umgebungsluft über eine Bypassleitung (13) unter Ausschluss des ersten Wärmeaustauschers (2) durch die Gaszuleitung (21) in das Behältnis (1) leitbar ist.
25. Trocknungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Behältnis (1) über die Gasableitung (22) zum Zwecke der Kondensation von Wasser aus dem Gasgemisch mit dem zweiten Wärmeaustauscher (5) verbunden ist, welcher über eine Gasleitung (44) mit dem ersten Wärmeaustauscher (2) in Verbindung steht, der über die Gaszuleitung (21) mit dem Behältnis (1) in einem für das Gasgemisch geschlossenen Kreislauf verbunden ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

1/3

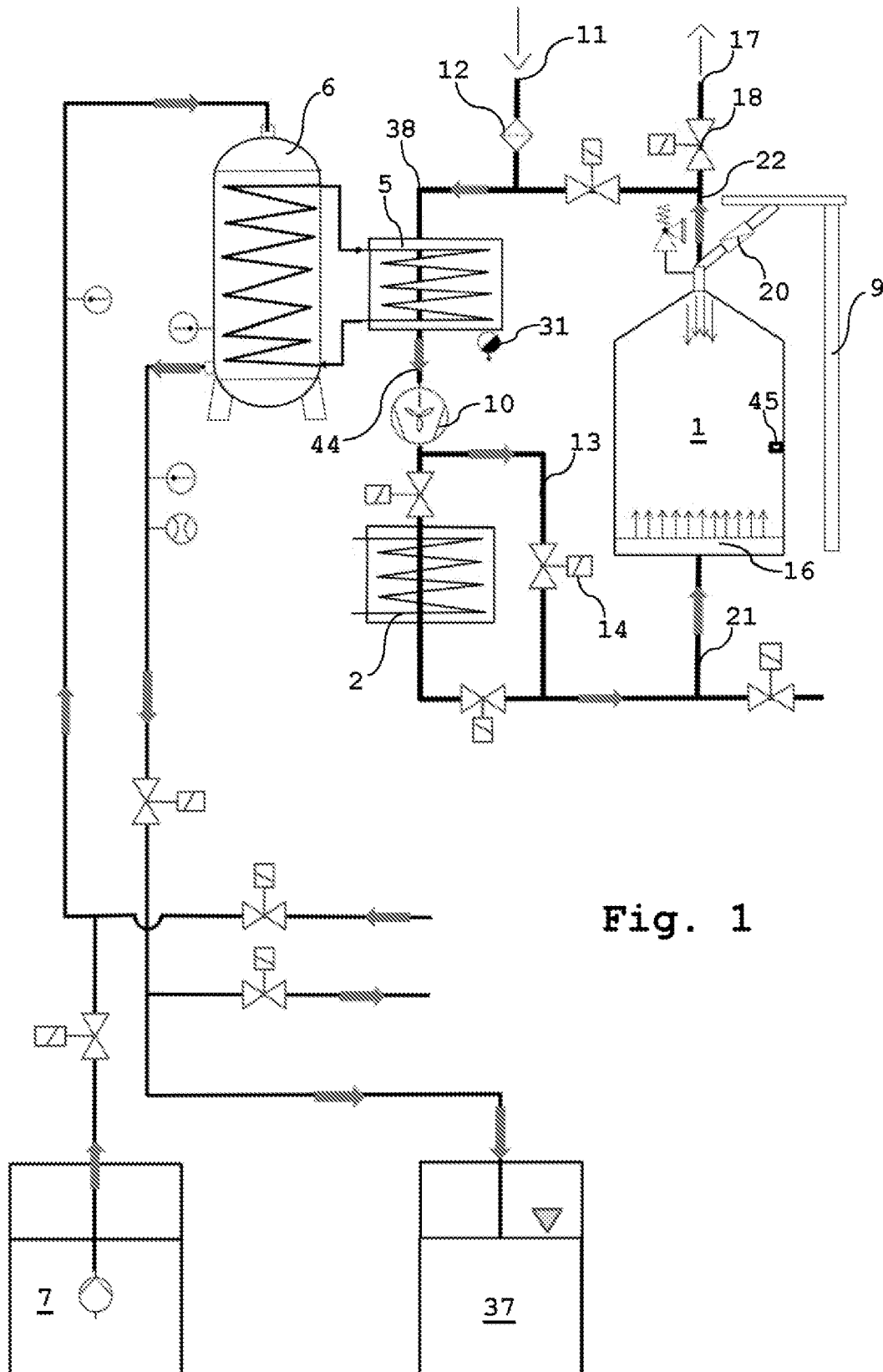


Fig. 1

Fig. 2

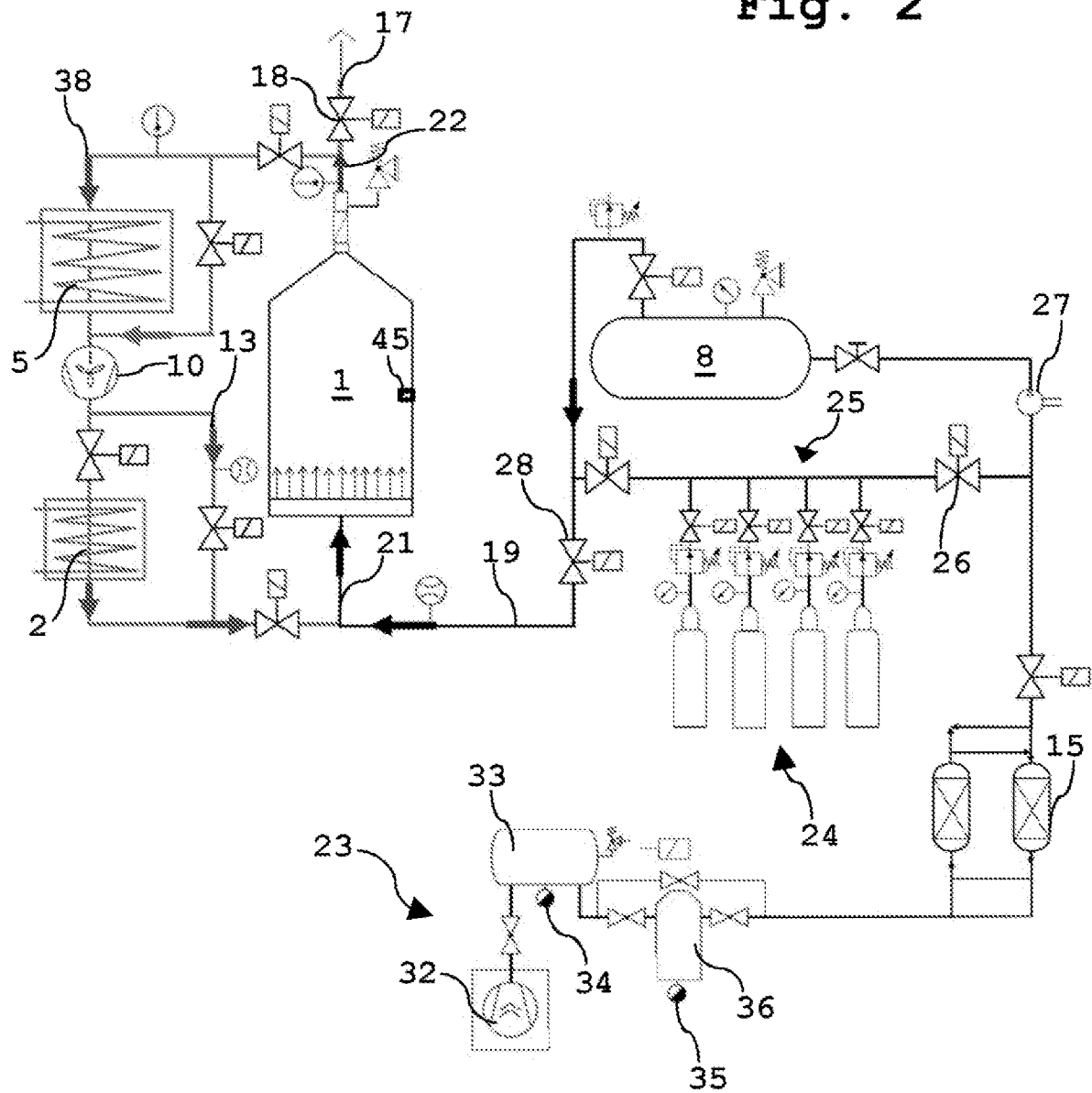


Fig. 3

