



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**05.09.2007 Patentblatt 2007/36**

(51) Int Cl.:  
**F26B 5/04 (2006.01) F26B 21/08 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **07102899.7**

(22) Anmeldetag: **22.02.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK YU**

(72) Erfinder:  
• **Münzel, Dr. Joachim**  
**65779, Kelkheim (DE)**  
• **Moser, Friedrich**  
**47167, Duisburg (DE)**  
• **Lammertz, Monika**  
**47807, Krefeld (DE)**  
• **Gockel, Frank**  
**77410, Charny (FR)**

(30) Priorität: **02.03.2006 DE 102006009614**

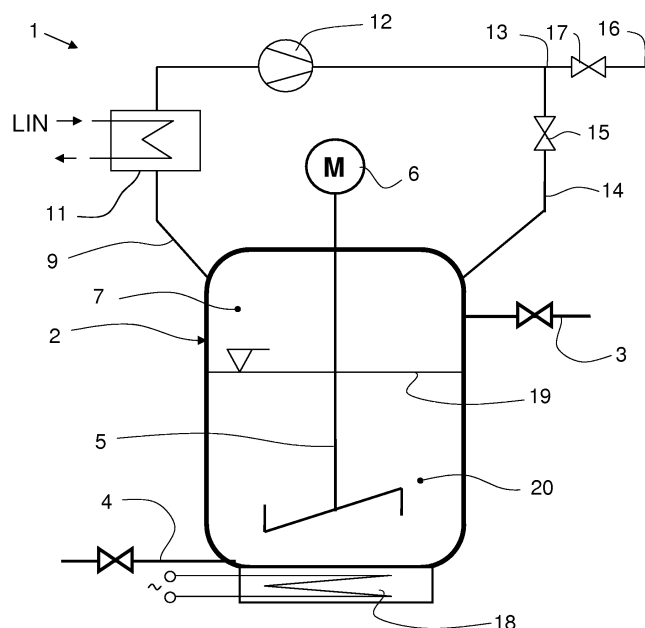
(71) Anmelder: **Messer Group GmbH**  
**65843 Sulzbach (DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Trocknen oder Konzentrieren von Stoffen**

(57) Die Trocknung oder die Konzentrierung von Lebensmitteln erfolgt nach dem Stande der Technik überwiegend durch Eindampfen oder Gefriertrocknung. Während beim Eindampfen wertvolle Bestandteile wie Vitamine zerstört werden, ist die Gefriertrocknung schonend, aber sehr aufwändig. Aufgabe der Erfindung ist also die Bereitstellung einer Möglichkeit zum Trocknen oder Konzentrieren von Stoffen, die gegenüber den behandelnden Stoffen schonend und zugleich weniger aufwändig

ist.

Erfindungsgemäß ist der zu behandelnde Stoff (20) in einem Druckbehälter (2) bei Unterdruck einem im Kreislauf geführten Gasstrom ausgesetzt. Aus dem Stoff (20) verdampfendes Wasser wird mit einer Wärmetauscherfläche (11) in Kontakt gebracht, an dem es zumindest teilweise kondensiert und abgeleitet. Die Wärmetauscherfläche (11) steht dabei bevorzugt mit einem kryogenen Medium, beispielsweise Flüssigstickstoff oder flüssiges Kohlendioxid, in Wärmekontakt.



*Fig. 1*

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Trocknen oder Konzentrieren von Stoffen, bei dem ein zu behandelnder Stoff in einem Druckbehälter einer Atmosphäre mit gegenüber dem Umgebungsdruck verringertem Druck ausgesetzt wird, aus dem Stoff verdampfen des Wasser in einem Kondensator teilweise kondensiert und das Kondensat abgeleitet wird. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum Trocknen oder Konzentrieren von Stoffen.

**[0002]** Als "Trocknung" wird im Folgenden der Entzug von flüssigen Bestandteilen aus festen, insbesondere rieselfähigen Stoffen bezeichnet. Unter "Konzentration" soll hier der entsprechende Entzug einer Flüssigkeitskomponente, insbesondere Wasser, aus Flüssigkeitsgemischen oder pastösen Stoffen verstanden werden. Zur Trocknung und/oder zum Konzentrieren werden verschiedene Verfahren eingesetzt. Die im Folgenden beschriebenen Verfahren sind insbesondere zur Behandlung von Lebensmitteln oder pharmazeutischen Produkten gebräuchlich.

**[0003]** Beim Eindampfen wird den Stoffen durch Hitzeinwirkung von über 100°C Wasser entzogen, beispielsweise bis auf einen Wassergehalt zwischen 18% und 25%. Durch die hohen Temperaturen werden jedoch wertvolle Inhaltsstoffe, wie z.B. Vitamine und Eiweiße, zerstört, zudem treten Geschmacksveränderungen auf.

**[0004]** Beim Sprühtrocknen werden flüssige Produkte am oberen Ende eines Trockenturms in feine Tröpfchen zerstäubt. Die Tropfen werden während ihres freien Falls durch einen Heißluftstrom im Turm getrocknet. Die Temperatur des Heißluftstroms liegt zwischen 150 - 250 °C und wirkt nur für die Dauer von einer halben bis einer Sekunde auf die Produkte ein. Die Temperatur des Pulverpartikels kühlt durch die Wasserverdampfung unmittelbar ab und beträgt nur ca. 60 - 80 °C. Hierdurch wird die Zerstörung der Inhaltsstoffe zumindest teilweise vermieden, das Verfahren ist jedoch sehr zeitaufwändig.

**[0005]** Beim Gefriertrocknen werden tiefgefrorene Lebensmittel im Vakuum unter Zufuhr von Wärme getrocknet. Dabei sublimiert das gefrorene, in Lebensmitteln enthaltene Wasser zu Wasserdampf und entweicht. Der Vorgang dauert je nach Lebensmittel bis zu 24 Stunden und wird bei Temperaturen zwischen -30 und +30 °C durchgeführt. Bei der Gefriertrocknung sind die Produktveränderungen äußerst gering. Sie ist das schonendste, jedoch auch das teuerste und aufwändigste industriell angewandte Verfahren.

**[0006]** In der DE 2914181 A1 wird ein Verfahren zum Trocknen temperaturempfindlicher, schütt- oder stückgutförmiger Nahrungsmittel vorgeschlagen. Bei diesem Gegenstand werden die Nahrungsmittel innerhalb eines Vakuumbehälters ausgebreitet und dieser anschließend evakuiert. Die von den Nahrungsmitteln abgegebene Feuchtigkeit kondensiert an einer im Innern des Behälters aufgenommenen Kondensationsfläche und wird in flüssiger Form abgeführt. Die Kondensation erfolgt dabei

unter Zuhilfenahme einer Vakuumpumpe auf Enddrücke von 5mbar bis 30mbar. Die Lehre dieser Druckschrift ist nicht ohne weiteres auf die Konzentration von flüssigen Lebensmitteln zu übertragen. Auch ist der apparative Aufwand beträchtlich.

**[0007]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, eine Möglichkeit zum Trocknen oder Konzentrieren von Stoffen anzugeben, die weniger aufwändig und zugleich schonend für das zu trocknende bzw. zu konzentrierende Produkt ist.

**[0008]** Gelöst ist diese Aufgabe zum einen durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 4.

**[0009]** Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird also der zu behandelnde Stoff im Behälter bei Unterdruck einem Gasstrom ausgesetzt, der laufend mittels einer geeigneten Einrichtung, beispielsweise einem Ventilator oder einer Pumpe, im Kreislauf von dem zu behandelnden Stoff zum Kondensator und wieder zurück geführt wird. Der Unterdruck ist dabei so gewählt, dass er niedriger ist als der Sättigungsdampfdruck der jeweils zu entfernenden Flüssigkeit bei der bei Durchführung des Verfahrens im Behälter herrschenden Temperatur. Der zu behandelnde Stoff wird dadurch besonders schonend und effektiv getrocknet bzw. konzentriert. Als bevorzugtes Gas im Gasstrom kommt dabei Luft oder ein Inertgas, beispielsweise Stickstoff, zum Einsatz. Die Behandlung des Stoffes erfolgt dabei entweder "batchweise", wobei der zu behandelnde Stoff zunächst dem Druckbehälter zugeführt und dieser anschließend evakuiert wird, oder kontinuierlich, wobei durch Zwischenschaltung geeigneter Druckschleusen die kontinuierliche oder portionsweise Zuführung und Abführung des Stoffes in den bzw. aus dem evakuierten Druckbehälter erreicht wird. Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich sowohl zur Trocknung fester, insbesondere rieselfähiger Stoffe, als auch zur Konzentration von Flüssigkeiten.

**[0010]** Bevorzugt wird der Gasstrom in der Einrichtung zur Lufttrocknung mit einem kryogenen Medium in thermischen Kontakt gebracht, wobei das im Gasstrom enthaltene Wasser zumindest teilweise ausfriert. Als kryogenes Medium kommt insbesondere flüssiger oder tiefkalter gasförmiger Stickstoff oder flüssiges oder kaltes gasförmiges Kohlendioxid in Betracht.

**[0011]** Zur weiteren Erhöhung der Effizienz des erfindungsgemäßen Verfahrens wird/werden zweckmäßigerweise der Stoff und/oder der Gasstrom beheizt. Die Beheizung dient insbesondere dazu, Wärmeverluste aufgrund der Verdampfung des Wassers wie auch aufgrund des thermischen Kontakts des Gasstroms mit den Wärmetauscherflächen auszugleichen.

**[0012]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst einen Druckbehälter zum Aufnehmen des zu behandelnden Stoffes, eine mit dem Druckbehälter wirkverbundene Evakuierungseinrichtung zur Herstellung eines vorbestimmten Unterdrucks im Druckbehälter sowie einen Kondensator zum Kondensieren von aus dem Stoff ver-

dampfenden Wasser, und ist dadurch gekennzeichnet, dass der Druckbehälter und der Kondensator zusammen einer mit einer Einrichtung zur Erzeugung eines gerichteten Gasstroms in einer Kreisgasleitung integriert sind. Im Druckbehälter wird also ein Gasstrom erzeugt, der die aus dem zu behandelnden Stoff verdampfende Feuchte aufnimmt und der anschließend im Kondensator getrocknet und wieder dem zu behandelnden Stoff zugeführt wird. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht insbesondere die effiziente Konzentration von Flüssigkeiten.

**[0013]** Bevorzugt ist der Kondensator mit einer Wärmetauscherfläche ausgerüstet, die mit einem kryogenen Medium thermisch verbindbar ist. Bei einem solchen "Kryokondensator" erfolgt die Kondensation eines Stoffes aus einem Trägergas durch den Wärmekontakt mit einem kryogenen Medium, beispielsweise tiefkaltes Gas oder Flüssiggas. Als kryogenes Medium eignet sich insbesondere verflüssigter oder kalter gasförmiger Stickstoff oder ein anderes Flüssiggas.

**[0014]** Insbesondere bei der Verwendung von Kryokondensatoren, bei denen aufgrund der tiefen Kälte des eingesetzten Kühlmittels das kondensierte Wasser an den Wärmetauscherflächen zu Eis gefriert, ist es vorteilhaft, mehrere Kondensatoren vorzusehen, die teilweise zur Gastrocknung und zur Regeneration eingesetzt werden. Während also ein Kondensator zum Gastrocknen eingesetzt wird, wird ein anderer Kondensator vom Gasstrom abgekoppelt und enteist. Dadurch wird vermieden, dass die Kälteenergie des kryogenen Mediums aufgrund der Isolierwirkung einer auf den Wärmetauscherflächen des Kryokondensators entstehenden Eisschicht nur unzureichend genutzt wird. Zudem werden enteisungsbedingte Betriebspausen vermieden.

**[0015]** Eine abermals vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass wenigstens eine Heizeinrichtung zur Beheizung des im Kreis geführten Gases und/oder des zu trocknenden Stoffes vorgesehen ist.

**[0016]** Zumindest bei flüssigen oder Schütt- oder rieselfähigen Feststoffen ist es zweckmäßig, den Druckbehälter mit einer Rührereinrichtung auszurüsten, um die dem trockenen Gasstrom ausgesetzte Oberfläche zu vergrößern.

**[0017]** Besonders vorteilhaft ist die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens oder der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Konzentrieren flüssiger oder pastöser Lebensmittel oder pharmazeutischer Produkte. "Konzentration" bedeutet hier ganz allgemein die Reduzierung des Stoffmengenanteils einer Gemischkomponente und ist nicht auf die Entfernung von Wasser beschränkt. Da die Erfindung ohne starke Erwärmung der zu konzentrierenden Stoffe auskommt, werden hitzeempfindliche Inhaltsstoffe geschont und bleiben dem Stoff auch nach dem Konzentrationsprozess erhalten.

**[0018]** Anhand der Zeichnung soll ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert werden. Die einzige Zeichnung (Fig. 1) zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Konzentrieren von Flüssigkeiten.

ten.

**[0019]** Die Vorrichtung 1 umfasst einen Druckbehälter 2, der mit einem Einlass 3 zum Zuführen einer zu konzentrierenden Flüssigkeit und einem Auslass 4 zum Abführen der konzentrierten Flüssigkeit verbunden ist. Einlass 3 und Auslass 4 sind jeweils mit Sperrarmaturen ausgerüstet. Im Druckbehälter 2 ist eine Rührereinrichtung 5 vorgesehen, die mit einem Motor 6 angetrieben wird. Im oberen Bereich des Druckbehälters 2, in dem sich bei bestimmungsgemäßer Verwendung der Vorrichtung 1 eine Gasphase 7 befindet, münden zwei Gasleitungen 9, 14 in den Druckbehälter 2 ein. Die Gasauslassleitung 9 führt vom Druckbehälter über einen Wärmetauscher 11 und eine Gasfördereinrichtung 12 zu einer Verbindungsstelle 13, von der aus die Gaseinlassleitung 14 in den Druckbehälter 2 zurückführt. In der Gaseinlassleitung 14 ist ein Sperrventil 15 angeordnet. Von der Verbindungsstelle 13 zweigt eine Gasleitung 16 ab, die gleichfalls mit einem Sperrventil 17 ausgerüstet ist. Zur Heizung der Flüssigkeit im Druckbehälter 2 dient eine Heizeinrichtung 18.

**[0020]** Beim Betrieb der Vorrichtung 1 wird der Druckbehälter 2 über den Einlass 3 bis zu einer bestimmten Füllhöhe 19 mit einer zu konzentrierenden Flüssigkeit 20 befüllt. Anschließend wird die Sperrarmatur des Einlasses 3 geschlossen. Bei geöffnetem Sperrventil 17 und geschlossenem Sperrventil 15 wird die noch im Druckbehälter 2 befindliche Gasphase 7 mittels der Gasfördereinrichtung 12 druckreduziert, indem die Gasphase im Druckbehälter 2 über die Gasleitung 16 so weit abgepumpt wird, bis ein vorbestimmter Enddruck unterhalb des Sättigungsdampfdruckes des Wassers bei der aktuellen Temperatur der Flüssigkeit 20 erreicht ist, beispielsweise 15-25 mbar bei einer Produkttemperatur von ca. 25°C. Die Gasleitung 16 kann auch dazu genutzt werden, den Druckbehälter 2 mit einem anderen Gas, beispielsweise ein Inertgas wie Stickstoff oder Kohlendioxid, zu fluten. Nach Erreichen des Enddrucks wird das Sperrventil 17 geschlossen und das Sperrventil 15 geöffnet. Die Gasfördereinrichtung 12 dient nunmehr zur Erzeugung eines Kreisgasstromes über die Gasauslassleitung 14, die Gaseinlassleitung 14 und der die Gasphase 7 aufnehmende Teil des Druckbehälters 2. In der zu konzentrierenden Flüssigkeit 20 befindliches Wasser verdampft aufgrund des niedrigen Dampfdrucks in der Gasphase 7 und wird mit dem Kreisgasstrom in den Wärmetauscher 11 transportiert. Um die Oberfläche der Flüssigkeit 20 zu vergrößern, wird die Flüssigkeit 20 mittels der Rührereinrichtung 5 laufend umgewälzt. Beim Wärmetauscher 11 handelt es sich um einen Kryokondensator, bei dem eine oder mehrere Wärmetauscherflächen mit einem kryogenen Medium, beispielsweise flüssiger oder kalter gasförmiger Stickstoff thermisch verbunden sind. Eine Vorrichtung dieser Art ist beispielsweise in der DE 10 2004 026 908 A1 beschrieben. Beim Kontakt mit den Wärmetauscherflächen kondensiert der im Kreisgasstrom enthaltene Wasserdampf zumindest teilweise und wird über einen geeigneten Kondensatabscheider

abgeführt. Für den Fall, dass der Kreisgasstrom beim Kontakt mit den Wärmetauscherflächen so stark abgekühlt wird, dass das Wasser zu Eis gefriert, erweist es sich als sinnvoll, mehrere Wärmetauscher 11 zu betreiben, von denen sich jeweils einer im Betriebszustand befindet, d.h. zur Kondensation des Wassers eingesetzt wird, während der oder die anderen Kondensatoren jeweils regeneriert bzw. abgetaut wird/werden. Der getrocknete Kreisgasstrom wird über die Gaseinleitung 14 wieder in den Druckbehälter 2 zurückgeführt und kann nun erneut Wasserdampf aufnehmen. Da der Flüssigkeit 20 bei der Verdampfung des Wassers Wärme entzogen wird, wird ihr mittels der Heizung 18 Wärmeenergie zugeführt. Die Heizeinrichtung 18 dient auch dazu, Wärmeverluste, die durch den Kontakt des Kreisgases mit den Wärmetauscherflächen des Wärmetauschers 11 auftreten, zu kompensieren. Hierzu kann auch eine separate Heizeinrichtung vorgesehen sein, die beispielsweise in der Gaseinlassleitung 14 vorgesehen ist. Beim Betrieb der Vorrichtung 1 wird somit der Wasseranteil der Flüssigkeit 20 laufend reduziert. Bei einer gewünschten vorgegebenen Wasserkonzentration in der Flüssigkeit 20, deren Vorliegen zuvor empirisch bestimmt wurde oder mittels einer hier nicht gezeigten Messeinrichtung festgestellt wird, wird die Sperrarmatur im Auslass 4 geöffnet und die Flüssigkeit 20 aus dem Druckbehälter 2 entnommen.

**[0021]** Mit der Vorrichtung 1 wird eine Flüssigkeit 20 schnell und effizient konzentriert. Durch Einbau geeigneter Druckschleusen im Einlass 3 und Auslass 4 kann die Zuführung und Abführung der Flüssigkeit auch erfolgen, ohne dabei den Druck im Druckbehälter zu verändern. Auf diese Weise ist auch eine kontinuierliche Durchführung des Konzentrationsprozesses möglich.

**[0022]** Umgekehrt kann anstelle der hier gezeigten Strömungsverbindung mit Einlass 3 bzw. Auslass 4 auch der Druckbehälter 2 mit einem abnehmbaren Deckel ausgerüstet sein. Die Zuführung bzw. Entnahme des Stoffes 20 erfolgt in diesem Falle nach Druckausgleich und Abnahme des Deckels. Eine solche Anordnung empfiehlt sich insbesondere bei der Behandlung hochviskoser Flüssigkeiten.

#### Bezugszeichenliste

##### [0023]

1. Vorrichtung
2. Druckbehälter
3. Einlass
4. Auslass
5. Röhreinrichtung
6. Motor
7. Gasphase
8. -
9. Gasauslassleitung
10. -
11. Wärmetauscher

12. Fördereinrichtung
13. Verbindungsstelle
14. Gaseinlassleitung
15. Sperrventil
16. Gasleitung
17. Sperrventil
18. Heizeinrichtung
19. Füllhöhe
20. Flüssigkeit

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Trocknen oder Konzentrieren von Stoffen, bei dem ein zu behandelnder Stoff (20) in einem Druckbehälter (2) einer Atmosphäre mit gegenüber dem Umgebungsdruck verringertem Druck ausgesetzt wird, aus dem Stoff (20) verdampfendes Wasser in einem Kondensator (11) wenigstens teilweise kondensiert und das Kondensat abgeleitet wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Stoff (20) im Druckbehälter (2) einem im Kreislauf geführten Gasstrom ausgesetzt wird, der nach der Kontaktierung mit dem zu behandelnden Stoff (20) dem Kondensator (11) zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gasstrom in Kondensator (11) mit einem kryogenen Medium, beispielsweise Flüssigstickstoff, in thermischen Kontakt gebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stoff (20) und/oder der Gasstrom beheizt werden/wird.
4. Vorrichtung zum Trocknen oder Kondensieren von Stoffen, mit einem Druckbehälter (2) zum Aufnehmen des zu behandelnden Stoffes (20), eine mit dem Druckbehälter (2) wirkverbundenen Evakuierungseinrichtung (12) zur Herstellung eines vorbestimmten Unterdrucks im Druckbehälter (2) sowie einem Kondensator (11) zur Kondensation von aus dem Stoff verdampfendem Wasser,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Druckbehälter (2) und der Kondensator (11) zusammen mit einer Einrichtung (12) zur Erzeugung eines gerichteten Gasstroms in einer Kreisgasleitung integriert sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kondensator (11) mit einer Wärmetauscherfläche ausgerüstet ist, die mit einem kryogenen Medium thermisch verbindbar ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Kondensatoren (11) vorgesehen sind, die wechselweise zur Ga-

strocknung und zur Regeneration angesteuert werden.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **gekennzeichnet durch** eine Heizeinrichtung (18) zur Beheizung des im Kreis geführten Gases und/oder des zu trocknenden Stoffes. 5
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Druckbehälter (2) mit einer Röhreinrichtung (5) ausgerüstet ist. 10
9. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 8 zum Konzentrieren flüssiger oder pastöser Lebensmittel oder pharmazeutischer Produkte. 15

20

25

30

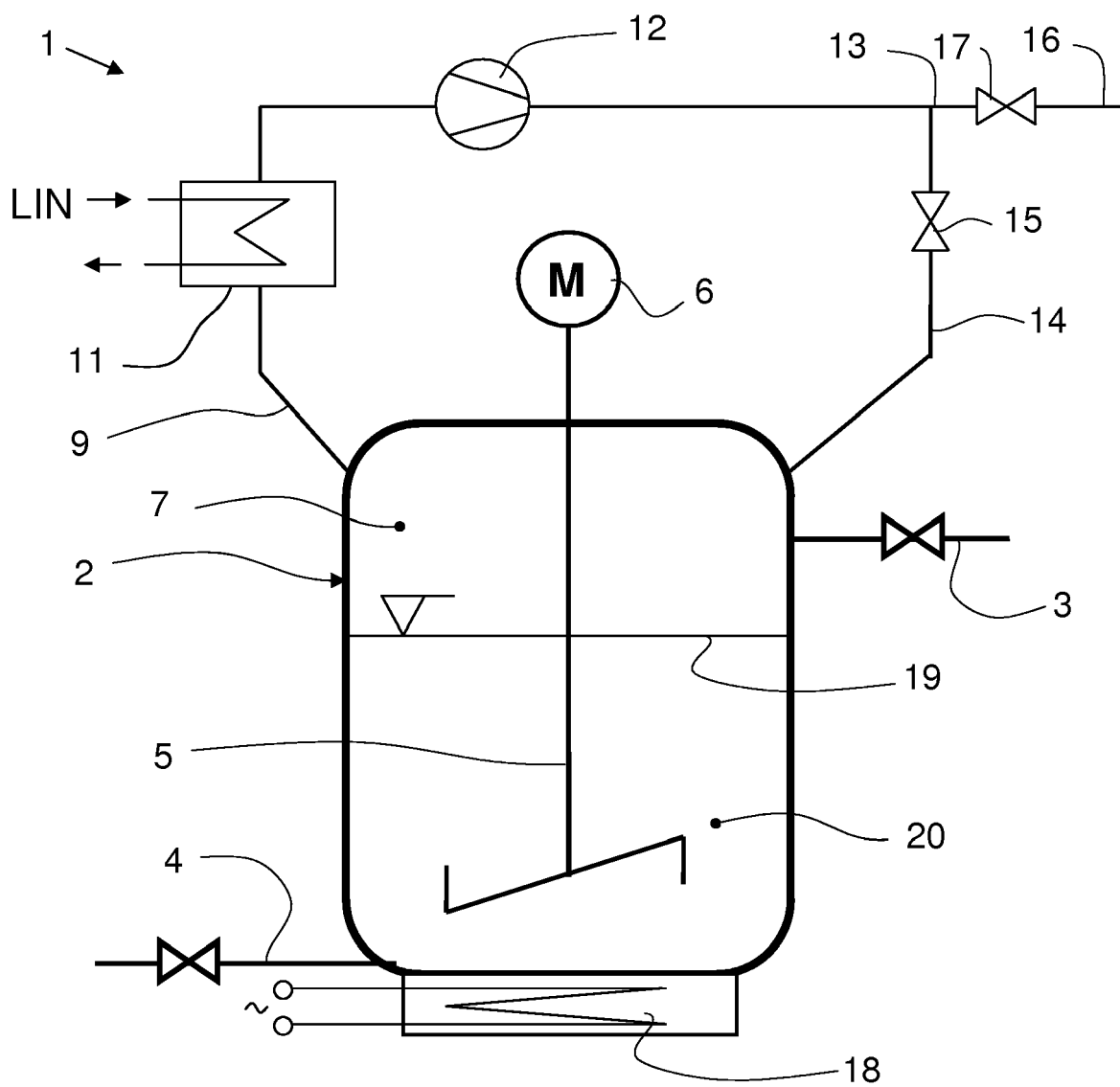
35

40

45

50

55

*Fig. 1*

**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**

- DE 2914181 A1 [0006]
- DE 102004026908 A1 [0020]