

(12)

# Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50584/2022 (51) Int. Cl.: B01D 45/18 (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 03.08.2022 B01D 46/48 (2006.01)  
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2023

(56) Entgegenhaltungen:  
EP 0806233 A1  
DE 69516717 T2  
DE 19836323 A1  
DE 3608926 A1  
WO 9315822 A1  
US 6068674 A

(73) Patentinhaber:  
Scheuch Management Holding GmbH  
4971 Aurolzmünster (AT)

(74) Vertreter:  
SONN Patentanwälte OG  
1010 Wien (AT)

## (54) Verfahren zur Zementherstellung mit Schleusenvorrichtungen, Filteranlage und Zementherstellungsanlage

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Austragen von Staub aus einer Filteranlage (9a, 9b) in einer Zementherstellungsanlage (1), bei dem in einer Ofenanlage (3) Rohstoffe zur Herstellung von Zement gebrannt, entstandenes Rauchgas (7) in der Filteranlage (9a, 9b) mit einer Filtervorrichtung (10) entstaubt und anfallender Staub über eine Austragöffnung (16) der Filtervorrichtung (10) ausgetragen werden, wobei an die Austragöffnung (16) zwei in Serie geschaltete Schleusenvorrichtungen (18a, 18b), insbesondere Zellenradschleusen (25), angeschlossen sind, die über ein Verbindungselement (19), insbesondere ein Verbindungsrohr (26), miteinander verbunden sind und den anfallenden Staub von der Austragöffnung (16) nach außen transportieren, wobei zwischen den Schleusenvorrichtungen (18a, 18b) ein Sperrgaseinlass (20) in das Verbindungselement mündet und ein Sperrgas (21) in das Verbindungselement (19) eingebracht wird, um das Eindringen von Umgebungsluft in die Filtervorrichtung (10) zu blockieren.

Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Filteranlage (9a, 9b) und eine Zementherstellungsanlage (1) mit einer solchen Filteranlage (9a, 9b).

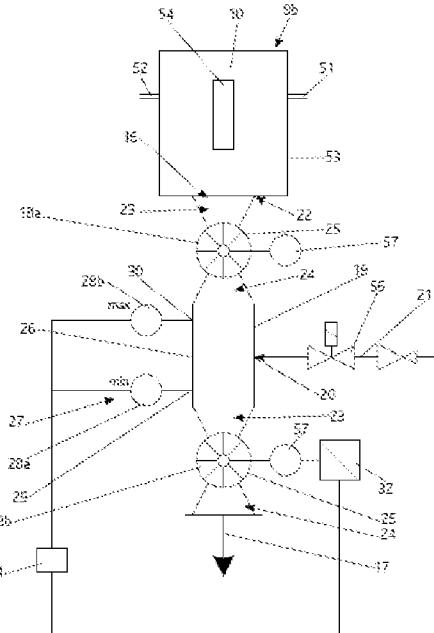


Fig.2

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Austragen von Staub aus einer Filteranlage in einer Zementherstellungsanlage, bei dem in einer Ofenanlage Rohstoffe zur Herstellung von Zement gebrannt, entstandenes Rauchgas in der Filteranlage mit einer Filtervorrichtung entstaubt und anfallender Staub über eine Austragöffnung der Filtervorrichtung ausgetragen werden.

**[0002]** Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Filteranlage zum Entstauben von Rauchgas einer Zementherstellungsanlage.

**[0003]** Außerdem betrifft die Erfindung eine Zementherstellungsanlage mit einer Ofenanlage, insbesondere einem Drehrohrofen, einer Filteranlage zum Entstauben von Rauchgasen und vorzugsweise einem Vorwärmerturm.

**[0004]** Bei der Herstellung von Zement werden die entstehenden Rauchgase mit Hilfe von Filteranlagen gefiltert und dadurch entstaubt. Filteranlagen können an unterschiedlichen Stellen in Zementherstellungsanlagen eingesetzt werden, beispielsweise in Strömungsrichtung der Rauchgase gesehen vor einem Katalysator oder in einem Bypass. Der bei der Filterung anfallende Staub gelangt typischerweise durch eine Austragöffnung der Filtervorrichtung nach außen und wird von dort meist mit einer Förderschnecke oder einer anderen Fördereinrichtung zu einer Sammelstelle befördert.

**[0005]** Über die Austragöffnung kann bei Filteranlagen aus dem Stand der Technik Umgebungsluft in die Zementherstellungsanlage eindringen, was den Zementherstellungsprozess negativ beeinflussen kann. Dies ist insbesondere der Fall, wenn in der Filteranlage ein Unterdruck herrscht. Bei neuartigen Zementherstellungsverfahren, bei denen die Verbrennung anstelle von gewöhnlicher Umgebungsluft mit mit Sauerstoff angereicherter Luft oder reinem Sauerstoff durchgeführt wird, um als Abgas möglichst reines CO<sub>2</sub> zu erhalten, welches für andere Prozesse wiederverwendet werden kann, kann der Eintrag von Umgebungsluft nachteilig sein, weil der bei der Verbrennung entstehende CO<sub>2</sub>-Anteil dadurch herabgesetzt wird. Es wäre daher wünschenswert, bei derartigen Prozessen den Eintrag von Umgebungsluft - den sogenannten Falschlufteintrag - so gering wie möglich zu halten. Im Stand der Technik wird daher versucht, sämtliche Anlagenenteile so dicht wie möglich auszuführen. Notwendige Anlagenöffnungen, wie die Austragöffnungen der Filtervorrichtungen, stellen jedoch weiterhin ein Problem dar, weil sie nach wie vor das Eindringen von Umgebungsluft in die Anlage ermöglichen.

**[0006]** Aus EP 1 344 732 A1 ist eine Zellenradschleuse bekannt, bei der eine Sperrgasöffnung im Bereich des Gehäuses um das Zellenrad, insbesondere an der Mantelwand des Gehäuses, angeordnet ist, um den (Prozess-)Gasdurchfluss durch die Zellenradschleuse zu minimieren. Nachteilig ist bei der Zellenradschleuse der EP 1 344 732 A1, dass sehr viel Sperrgas und große Spaltbreiten zwischen dem Zellenrad und dem Gehäuse erforderlich sind, um den (Prozess-)Gasdurchfluss durch die Zellenradschleuse gering zu halten.

**[0007]** In GB 2 271 114 A wird auf einem fremden Gebiet ein Verfahren zum Austreiben von nicht polymerisierten Monomeren aus Polymerverbindungen offenbart, bei dem polymerisiertes Harz über Zellenradschleusen abwechselnd in vakuumierte und unter Druck gesetzte Bereiche befördert wird. Das Vakuum birgt das Risiko, dass Umgebungsluft über Anlagenöffnungen angesaugt wird.

**[0008]** Die CN 103625929 B offenbart eine Anordnung von Zellenradschleusen, zwischen denen jedoch Umgebungsluft eingebracht wird, um einen Unterdruck in einem nachfolgenden Anlagen teil, einem Materialspeichertank, zu vermeiden.

**[0009]** Im Lichte dieser Ausführungen ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen oder zumindest zu lindern. Vorzugsweise ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den Falschlufteintrag über eine Austragöffnung einer Filteranlage in einer Zementherstellungsanlage zu reduzieren oder gar gänzlich zu vermeiden.

**[0010]** Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren nach Anspruch 1, durch eine Filteranlage

nach Anspruch 10 und durch eine Zementherstellungsanlage nach Anspruch 14. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0011]** Erfindungsgemäß ist bei einem Verfahren der eingangs erwähnten Art vorgesehen, dass an die Austragöffnung zwei in Serie geschaltete Schleusenvorrichtungen, insbesondere Zellenradschleusen, angeschlossen sind, die über ein Verbindungselement, insbesondere ein Verbindungsrohr, miteinander verbunden sind und den anfallenden Staub von der Austragöffnung nach außen transportieren, wobei zwischen den Schleusenvorrichtungen ein Sperrgaseinlass in das Verbindungselement mündet und ein Sperrgas in das Verbindungselement eingebracht wird, um das Eindringen von Umgebungsluft in die Filtervorrichtung zu blockieren. „In Serie geschaltet“ bedeutet, dass anfallender Staub von der einen Schleusenvorrichtung zur anderen gelangt. Vorteilhafterweise kann durch das Einbringen des Sperrgases in das Verbindungselement, welches die Schleusenvorrichtungen miteinander verbindet, der unerwünschte Eintrag von Umgebungsluft stark reduziert bzw. verhindert werden, weil das Sperrgas über allfällige Undichtheiten nach außen dringt und auf diese Weise die Umgebungsluft verdrängt. Sollte in der Filtervorrichtung ein Unterdruck herrschen, wird lediglich das Sperrgas angesaugt, nicht aber die Umgebungsluft. Eine Filteranlage umfasst zumindest eine Filtervorrichtung, zwei daran angeschlossene Schleusenvorrichtungen, das Verbindungselement und den Sperrgaseinlass. Das Verbindungselement, welches bevorzugt als Verbindungsrohr ausgebildet ist, verbindet die Gehäuse der beiden Schleusenvorrichtungen vorzugsweise gasdicht miteinander. Zu diesem Zweck sind zwei gegenüberliegende Enden des Verbindungselementes jeweils mit den Schleusenvorrichtungen verbunden. Durch das Verbindungselement kann anfallender Staub, der mithilfe der Filtervorrichtung aus dem Rauchgas gefiltert wurde, von der einen Schleusenvorrichtung zur anderen und von dort nach außen gelangen. Eine der Schleusenvorrichtungen - die im Folgenden als erste Schleusenvorrichtung bezeichnet wird - ist an ihrer Eingangsseite über ein Anschlussteil vorzugsweise gasdicht mit der Austragöffnung der Filtervorrichtung und an ihrer Ausgangsseite vorzugsweise gasdicht mit dem Verbindungselement verbunden. Die andere Schleusenvorrichtung am anderen Ende des Verbindungselementes - im Folgenden als zweite Schleusenvorrichtung bezeichnet - ist mit ihrer Eingangsseite vorzugsweise gasdicht mit dem Verbindungselement verbunden und befördert den Staub durch ihre Ausgangsseite nach außen, d.h. an eine Stelle außerhalb der Filteranlage, an welcher der Staub gesammelt, abtransportiert und/oder weiterverarbeitet werden kann. Die Ausgangsseite der ersten Schleusenvorrichtung ist also über das Verbindungselement mit der Eingangsseite der zweiten Schleusenvorrichtung verbunden, sodass Staub von der Filtervorrichtung über die erste Schleusenvorrichtung, das Verbindungselement und anschließend über die zweite Schleusenvorrichtung nach außen getragen werden kann. Die erste Schleusenvorrichtung stellt die prozesseitige Schleusenvorrichtung dar, während die zweite Schleusenvorrichtung die atmosphärenseitige Schleusenvorrichtung darstellt. Die Schleusenvorrichtungen können insbesondere als Zellenradschleusen ausgebildet sein. Zellenradschleusen besitzen ein feststehendes Gehäuse (Stator) und ein drehbares Zellenrad (Rotor), welches vorzugsweise mit einem Elektromotor angetrieben wird. Zellenradschleusen nehmen an einer Eingangsseite Material auf und geben es in dosierter Form an der Ausgangsseite wieder ab. Zwischen den Wänden des Zellenrades und dem Gehäuse ist nur ein kleiner Spalt von vorzugsweise unter 1 mm vorgesehen, um die Dichtheit zwischen der Eingangsseite und der Ausgangsseite zu gewährleisten. Allerdings können Zellenradschleusen aufgrund des Spaltes nicht vollständig dicht sein und durch die von der Ausgangsseite zur Eingangsseite gedrehten Zellen wird ebenfalls Umgebungsluft in die Zementherstellungsanlage befördert. Erfindungsgemäß wird daher zwischen den Zellenradschleusen das Sperrgas in das Verbindungselement eingebracht, das die Umgebungsluft verdrängt bzw. ein Eindringen und Ausbreiten der Umgebungsluft blockiert. Insbesondere Umgebungsluft, die über die zweite, atmosphärenseitige Schleusenvorrichtung eindringt, wird auf diese Weise verdrängt bzw. blockiert. Der Sperrgaseinlass kann ein Ventil aufweisen. Das Ventil kann auch in einer Leitung für das Sperrgas angeordnet sein. Auf diese Weise kann das Sperrgas reguliert werden. Der Sperrgaseinlass mündet bevorzugt in eine Innenwandung des Verbindungselementes. Es können auch mehrere Sperrgaseinlässe vorgesehen sein, die in das Verbindungselement münden. Die Filteranlage kann mehrere parallel oder seriell geschaltete Filtervorrichtungen aufweisen. Jede Filtervorrichtung kann auch mehrere Austragöffnungen aufweisen,

an die jeweils gemäß der beschriebenen Art Schleusenvorrichtungen, die über ein Verbindungs-element verbunden sind, angeschlossen sind. Die Filtervorrichtung kann wiederum einen oder mehrere Filter innerhalb eines Gehäuses aufweisen, bei denen es sich beispielsweise um Kerzenfilter oder Schlauchfilter handeln kann. Die Zementherstellungsanlage weist zumindest eine Ofenanlage und eine erfindungsgemäße Filteranlage zur Filterung von Rauchgasen auf. Zusätzlich kann die Zementherstellungsanlage noch Anlagenteile wie eine Vorwärmstufe, insbesondere einen Vorwärmerturm, einen Katalysator und einen oder mehrere Bypässe aufweisen. Die Filteranlage mit der Filtervorrichtung, den beiden angeschlossenen Schleusenvorrichtungen und dem Verbindungelement kann an mehreren Stellen in der Zementherstellungsanlage vorgesehen sein. Beispielsweise kann die Filteranlage, jeweils in Strömungsrichtung der Rauchgase geschehen, nach der Ofenanlage oder nach einer dem Ofen vorgeschalteten Vorwärmstufe angeordnet sein, um Rauchgase aus der Ofenanlage bzw. der Vorwärmstufe zu filtern. Zusätzlich oder alternativ kann die Filteranlage auch bei der Entstaubung eines Bypasses in der Zementherstellungs-anlage eingesetzt werden. Bei der Ofenanlage der Zementherstellungsanlage handelt es sich bevorzugt um einen Drehrohrofen. In der Ofenanlage werden die Rohstoffe zur Herstellung des Zementklinkers gebrannt bzw. gesintert. Bei einem besonders bevorzugten Zementherstellungs-prozess wird in der Ofenanlage mit Sauerstoff angereicherte Luft oder im Wesentlichen reiner Sauerstoff zur Verbrennung verwendet, um möglichst reines CO<sub>2</sub> zu erhalten. Wie bereits erwähnt, kann auch eine Vorwärmstufe vorgesehen sein, die die Rohstoffe vorwärmst, bevor sie in den Drehrohrofen gelangen. Bei der Vorwärmstufe kann es sich beispielsweise um einen Vorwärmerturm handeln, der aus mehreren übereinander angeordneten Zylklen bestehen kann. Nach dem Gegenstromprinzip gelangen die Rohstoffe in die Ofenanlage. Die Rauchgase strömen gegen den Strom der Rohstoffe durch die Vorwärmstufe.

**[0012]** Bevorzugt ist, wenn als Sperrgas CO<sub>2</sub> oder ein Prozessgas mit einem Volumenanteil von CO<sub>2</sub> von zumindest 15 %, vorzugsweise von zumindest 70 %, verwendet wird. Wie oben erwähnt können bei der Zementherstellung anstelle von gewöhnlicher Umgebungsluft mit Sauerstoff angereicherte Luft oder gar reiner Sauerstoff verbrannt werden, um als Abgas möglichst reines CO<sub>2</sub> zu erhalten. Bei einem solchen Zementherstellungsprozess stellt CO<sub>2</sub> als Sperrgas daher kein Fremdgas dar, sodass keine negative Beeinflussung durch die Verwendung von CO<sub>2</sub> als Sperrgas stattfindet. Als Prozessgas für die Bereitstellung des Sperrgases ist bevorzugt ein Ofenabgas vorgesehen, welches bevorzugt vor der Verwendung als Sperrgas gereinigt und/oder aufbereitet wird.

**[0013]** Bei einer Ausführungsform kann das Sperrgas von der Ofenanlage und/oder von einer Sperrgasversorgung, insbesondere von zumindest einem Gastank, in das Verbindungelement zugeführt werden. Wenn in der Ofenanlage zur Verbrennung mit Sauerstoff angereicherte Luft oder im Wesentlichen reiner Sauerstoff verwendet wird, entsteht im Wesentlichen reines CO<sub>2</sub>, welches als Sperrgas herangezogen werden kann. Jedenfalls handelt es sich nicht um ein Fremdgas. Zu diesem Zweck kann eine Verbindungsleitung von der Ofenanlage zur Filteranlage ver-wendet werden. Zusätzlich oder alternativ kann das Sperrgas auch aus einer separaten Sperrgasversorgung, beispielsweise einem Gastank oder Druckflaschen, stammen.

**[0014]** Um Umgebungsluft am Eindringen in die Filteranlage zu hindern, kann bevorzugt vorge-sehen sein, dass das Sperrgas mit einem Druck von 1 mbar bis 200 mbar, vorzugsweise 10 mbar bis 100 mbar, insbesondere 30 mbar bis 50 mbar, über dem statischen Umgebungsdruck außerhalb des Verbindungelementes eingebracht wird. Der Druck wird nicht zu hoch gewählt, um eine Beschädigung der Rohr- und Schleusenteile durch Überdruck zu vermeiden und den Verbrauch von Sperrgas möglichst gering zu halten.

**[0015]** Richtungsangaben in dieser Offenbarung beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf das Inertialsystem und den Verwendungszustand der Filteranlage. Im Wesentlichen senk-recht bedeutet dabei im Wesentlichen parallel zur Erdbeschleunigung. Eine Horizontale ist im Wesentlichen quer zur Erdbeschleunigung angeordnet.

**[0016]** Umgebungsluft kann hauptsächlich über die zweite, untere Schleusenvorrichtung eindrin-gen. Vorteilhaft ist daher, wenn die Eingangsseite der zweiten, unteren Schleusenvorrichtung

ständig mit Staub bedeckt ist, weil der Staub abdichtend wirkt. Bei einer Ausführungsform kann daher vorgesehen sein, dass eine Füllstandsmesseinrichtung einen Füllstand des anfallenden Staubes in dem Verbindungselement misst. Auf diese Weise kann zusätzlich die Dichtheit unterstützt werden. Bei einer Ausführungsform kann ein Messsensor einen unteren bzw. minimalen Füllstand überwachen. Es kann ein Signal ausgegeben werden, wenn der untere bzw. minimale Füllstand unter- oder überschritten wird. Es kann auch ein weiterer Messsensor vorgesehen sein, der einen oberen bzw. maximalen Füllstand misst. Es kann ein Signal ausgegeben werden, wenn der obere Füllstand erreicht wird.

**[0017]** Um die Dichtheit zu gewährleisten und das Eindringen von Umgebungsluft zu unterbinden, kann vorgesehen sein, dass eine Regelungsvorrichtung jene Schleusenvorrichtung, die an einem der Filtervorrichtung abgewandten Ende des Verbindungselementes angeordnet ist, insbesondere deren Drehzahl, derart regelt, dass ein minimaler Füllstand des anfallenden Staubes in dem Verbindungselement erhalten bleibt. Die Schleusenvorrichtung, die an einem der Filtervorrichtung abgewandten Ende des Verbindungselementes angeordnet ist, wird, wie oben bereits erwähnt, auch als zweite Schleusenvorrichtung bezeichnet. Bei einer Ausführungsform kann die Drehzahl der zweiten Schleusenvorrichtung reduziert oder die zweite Schleusenvorrichtung zum Stillstand gebracht werden, wenn der minimale Füllstand unterschritten wird. Wenn der minimale Füllstand erreicht oder überschritten wird, kann die Drehzahl der zweiten Schleusenvorrichtung wieder erhöht werden. Der minimale Füllstand kann beispielsweise einem unteren Abschnitt des Verbindungselementes entsprechen. Zum Beispiel kann der minimale Füllstand bei einem Viertel der Länge des Verbindungselementes entsprechen. Wenn, wie oben beschrieben, auch ein oberer bzw. maximaler Füllstand gemessen wird, kann die Drehzahl der Schleusenvorrichtung erhöht werden, um den Füllstand abzubauen.

**[0018]** Um die Dichtheit weiter zu verbessern, kann zumindest eine Wellendichtung von zumindest einer Schleusenvorrichtung mit Sperrgas beaufschlagt werden. Bei einer bevorzugten Ausführung der Schleusenvorrichtung als Zellenradschleuse können Wellendichtungen an beiden Seiten einer Wellendurchführung durch ein Gehäuse der Zellenradschleuse vorgesehen sein. Bevorzugt ist ein Zwischenraum zwischen den beiden Wellendichtungen mit dem Sperrgas, insbesondere einem Druckgas, beaufschlagt. Dadurch kann ein Eindringen von Umgebungsluft in das System verhindert werden, weil der Zwischenraum mit einem höheren Druck als dem prozess- bzw. atmosphärenseitigen Druck beaufschlagt ist. Somit kann nur (unschädliches) Sperrgas in den Prozess eindringen bzw. nach außen treten.

**[0019]** Die Aufgabe wird auch durch eine Filteranlage nach Anspruch 10 gelöst. Die oben in Zusammenhang mit dem Verfahren zur Zementherstellung beschriebenen Merkmale und Vorteile sind auch auf die Filteranlage übertragbar.

**[0020]** Die erfindungsgemäße Filteranlage zum Entstauben von Rauchgas einer Zementherstellungsanlage weist auf:

- eine Filtervorrichtung mit einer Austragöffnung für anfallenden Staub;
- zwei in Serie geschaltete, an die Austragöffnung angeschlossene Schleusenvorrichtungen, insbesondere Zellenradschleusen, die über ein Verbindungselement miteinander verbunden sind und dazu eingerichtet sind, anfallenden Staub weiterzubefördern; und
- einen Sperrgaseinlass, der in das Verbindungselement mündet.

**[0021]** Die Filtervorrichtung weist ein Gehäuse auf, das die Austragöffnung ausbildet und innerhalb dessen ein oder mehrere Filter, insbesondere Schlauchfilter oder Kerzenfilter, angeordnet sind. Die Filtervorrichtung kann auch mehrere Austragöffnungen im Gehäuse aufweisen, an die jeweils wie beschrieben Schleusenvorrichtungen angeschlossen sind. Die Filteranlage kann auch mehrere Filtervorrichtungen umfassen. Das Verbindungselement ist bevorzugt als Verbindungsrohr ausgebildet. „In Serie geschaltet“ bedeutet, dass anfallender Staub von der einen Schleusenvorrichtung zur anderen gelangt.

**[0022]** Bevorzugt ist eine Füllstandmesseinrichtung vorgesehen, die dazu eingerichtet ist, einen Füllstand des anfallenden Staubes in dem Verbindungselement zu messen. Wie oben bereits beschrieben ist dies vorteilhaft, weil der Staub, insbesondere wenn er an der zweiten Schleusen-

vorrichtung anliegt, abdichtend wirkt. Durch die Füllstandmesseinrichtung kann demnach die Dichtheit unterstützt werden. Die Füllstandmesseinrichtung kann einen oder mehrere Messsensoren aufweisen. Ein unterer Messsensor kann einen unteren bzw. minimalen Füllstand messen. Ein oberer Messsensor kann einen oberen bzw. maximalen Füllstand messen.

**[0023]** Zusätzlich kann eine Regelungsvorrichtung vorgesehen und dazu eingerichtet sein, jene Schleusenvorrichtung, die an einem der Filtervorrichtung abgewandten Ende des Verbindungelementes angeordnet ist, insbesondere deren Drehzahl, derart zu regeln, dass ein minimaler Füllstand des anfallenden Staubes in dem Verbindungselement erhalten bleibt. Dadurch kann eine verbesserte Dichtheit gewährleistet werden.

**[0024]** Günstig ist, wenn die Filtervorrichtung mit Ausnahme eines Einlasses für das Rauchgas, eines Auslasses für das Rauchgas und der Austragsöffnung für anfallenden Staub im Wesentlichen gasdicht ausgeführt ist und eine der Schleusenvorrichtungen im Wesentlichen gasdicht über ein Anschlussteil an die Austragsöffnung angeschlossen ist. Die Gasdichtheit kann zum Beispiel durch die Verwendung von Dichtungen erreicht werden.

**[0025]** Um das Austragen des Staubes zu erleichtern, kann das Verbindungselement zwischen den Schleusenvorrichtungen in einem Winkel zur Horizontalen, vorzugsweise im Wesentlichen senkrecht, angeordnet sein und eine der Schleusenvorrichtungen über der anderen angeordnet sein. Dadurch wird der Staub durch die Schwerkraft nach unten getragen.

**[0026]** Die Aufgabe wird auch durch eine Zementherstellungsanlage nach Anspruch 14 gelöst. Die Zementherstellungsanlage weist zumindest eine Ofenanlage, insbesondere einen Drehrohrofen, eine Filteranlage zum Entstauben von Rauchgasen und vorzugsweise einen Vorwärmerturm auf. Erfindungsgemäß ist die Filteranlage gemäß den obigen Ausführungen ausgebildet.

**[0027]** Um das Sperrgas in das Verbindungselement einzuleiten, kann der Sperrgaseinlass mit der Ofenanlage, je nach Ausführung direkt oder über eine Gasaufbereitung und/oder Gasreinigung, und/oder einer Sperrgasversorgung, insbesondere einem Gastank, verbunden sein.

**[0028]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Figuren näher beschrieben, auf die sie allerdings nicht beschränkt sein soll. Es zeigen:

**[0029]** Fig. 1 schematisch eine Zementherstellungsanlage; und

**[0030]** Fig. 2 schematisch eine Filteranlage mit zwei Schleusenvorrichtungen, die über ein Verbindungselement miteinander verbunden sind.

**[0031]** Fig. 1 zeigt eine Zementherstellungsanlage 1 mit einer als Drehrohrofen 2 ausgebildeten Ofenanlage 3, an die ein Klinkerkühler 4 angeschlossen ist. In dem Drehrohrofen 2 werden Rohstoffe (nicht gezeigt) zu Zementklinker (nicht gezeigt) gebrannt und anschließend im Klinkerkühler 4 gekühlt. Bevorzugt wird beim Verbrennungsprozess mit Sauerstoff angereicherte Luft oder im Wesentlichen reiner Sauerstoff verwendet, sodass durch die Verbrennung im Wesentlichen reines CO<sub>2</sub> entsteht, das weiterverarbeitet oder für andere Prozesse eingesetzt werden kann. Die Rohstoffe werden, bevor sie dem Drehrohrofen 2 zugeführt werden, in einem Vorwärmerturm 5 vorgewärmt. Der Drehrohrofen 2 ist zwischen dem Klinkerkühler 4 und dem Vorwärmerturm 5 angeordnet. Der Vorwärmerturm 5 besteht aus einer Mehrzahl miteinander verbundener Zyklen 6. Nach dem Gegenstromprinzip gelangen die Rohstoffe von einer Materialaufgabe 50 durch den Vorwärmerturm 5 in den Drehrohrofen 2, wohingegen die bei der Verbrennung entstehenden Ofenabgase bzw. Rauchgase 7 gegen den Strom der Rohstoffe durch den Vorwärmerturm 5 strömen. In Richtung der Rauchgase 7 gesehen liegt der Vorwärmerturm 5 also nach der Ofenanlage 3. Die Rohstoffe werden auf bis zu 800°C aufgeheizt und in Richtung des Drehrohrofens 2 transportiert. Das Rauchgas 7 wird gleichzeitig von ca. 850°C auf 300°C bis 400°C abgekühlt. Bevor die Rohstoffe in den Drehrohrofen 2 gelangen, ist in modernen Anlagen ein sogenannter Kalzinator (nicht eingezeichnet) eingebaut, der über eine separate Feuerung verfügt und die Aufgabe hat, den Kalkstein durch hohe Temperaturen und ausreichend Verweilzeit zu entsäuern. Im Drehrohrofen 2 werden die Rohstoffe weiter aufgeheizt und schließlich bei Materialtemperaturen von bis zu 1600°C zu Klinker gesintert, wobei sich dabei typische Klinkerphasen (Calcium-Aluminium-

Silikate) bilden.

**[0032]** Von dem Vorwärmerturm 5 gelangt das Rauchgas 7 anschließend über ein Gebläse 8 in eine erste Filteranlage 9a („Ofenfilteranlage“) mit zumindest einer Filtervorrichtung 10, mit welcher das Rauchgas 7 entstaubt wird. Anschließend gelangt das entstaubte Rauchgas 7 in einen Katalysator 11 zum Umsetzen von Stickoxiden NO<sub>x</sub> in unschädliche Verbindungen. Über einen Einlass 12 wird ein Reduktionsmittel, beispielsweise eine ammoniak-, harnstoff- und/oder ammoniumhaltige Substanz, eingebracht, bevor das Rauchgas 7 in den Katalysator 11 gelangt. Das entstaubte und gefilterte Rauchgas 7 gelangt anschließend über einen Wärmetauscher und einen Kamin (nicht gezeigt) nach außen.

**[0033]** Die dargestellte Zementherstellungsanlage 1 weist auch einen Bypasszweig 14 auf, mit welchem ein Teil des Rauchgases 7 aus dem Drehrohrofen 2 nicht direkt in den Vorwärmerturm 5, sondern von einer Drehrohrofeneinlaufkammer durch einen Quench 15, eine weitere Filteranlage 9b („Bypassfilteranlage“) mit einer Filtervorrichtung 10 und zurück in den Übergangsbereich zwischen Drehrohrofen 2 und Vorwärmerturm 5 geleitet wird. Der Bypasszweig 14 dient zur Entfernung von Alkali- und Erdalkalihalogeniden aus dem Prozess.

**[0034]** Aus verschiedenen Gründen kann es für den Zementherstellungsprozess nachteilig sein, wenn Umgebungsluft in die Zementherstellungsanlage 1 eingebracht wird. Nachteilig ist dies beispielsweise insbesondere dann, wenn beim Verbrennungsprozess im Drehrohrofen 2 mit Sauerstoff angereicherte Luft oder reiner Sauerstoff eingesetzt wird, um möglichst konzentriertes CO<sub>2</sub> zu erhalten. Durch den Eintrag von Umgebungsluft bzw. Falschluft kann der Wirkungsgrad reduziert und die Konzentration von CO<sub>2</sub> herabgesetzt werden, was für die Weiterverwendung des CO<sub>2</sub> ungünstig sein kann. Falschluft kann in die Zementherstellungsanlage 1 beispielsweise über Austragsöffnungen 16 der Filteranlagen 9a, 9b gelangen, welche dazu vorgesehen sind, den aus dem Rauchgas 7 gefilterten Staub aus den Filteranlagen 9a, 9b zu einer Sammelstelle 17 hinauszubefördern.

**[0035]** Um zu verhindern, dass über die Austragöffnungen 16 Umgebungsluft in die Zementherstellungsanlage 1 gelangt, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass jeweils an die Austragöffnungen 16 zwei in Serie geschaltete Schleusenvorrichtungen 18a, 18b angeschlossen sind, die über ein Verbindungselement 19 miteinander verbunden sind. Zwischen den Schleusenvorrichtungen 18a, 18b mündet ein Sperrgaseinlass 20 in das Verbindungselement 19, durch welchen ein Sperrgas 21 in das Verbindungselement 19 eingebracht wird, um das Eindringen von Umgebungsluft zu blockieren. Das Sperrgas 21 dringt über allfällige Undichtheiten und Öffnungen nach außen (oder wird mit dem Staub gemeinsam nach außen gefördert) und verdrängt somit die über Undichtheiten und hauptsächlich die Schleusenvorrichtung 18b eindringende Umgebungsluft, wie weiter unten noch näher beschrieben wird. In Fig. 1 sind an sämtliche Austragöffnungen 16 der Filteranlage 9a und der Filteranlage 9b jeweils zwei derartige Schleusenvorrichtungen 18a, 18b mit einem dazwischenliegenden Sperrgaseinlass 20 angeschlossen. Das Sperrgas 21 kann über Verbindungsleitungen von der Ofenanlage 3 (nicht gezeigt) oder, wie in Fig. 1 dargestellt, von Gastanks 55 zur Verfügung gestellt werden. Ein Ventil 56 kann das Sperrgas 21 regulieren.

**[0036]** Fig. 2 zeigt die Filteranlage 9b im Detail. Die Filteranlage 9a ist größer, aber gleichartig ausgebildet, bis auf den Unterschied, dass zwei Austragöffnungen 16 vorgesehen und an jeder Austragöffnung 16 jeweils zwei in Serie geschaltete und über ein Verbindungselement 19 verbundene Schleusenvorrichtungen 18a, 18b mit dazwischenliegendem Sperrgaseinlass 20 angeordnet sind. Die Filtervorrichtung 10 besitzt einen Einlass 51 und einen Auslass 52 für das Rauchgas 7. Die Filtervorrichtung 10 besitzt ein Gehäuse 53, innerhalb dessen zumindest ein Filter 54 angeordnet ist.

**[0037]** In Fig. 2 ist erkennbar, dass an einer Unterseite 22 des Gehäuses 53 der Filtervorrichtung 10 die Austragöffnung 16 angeordnet ist, mit welcher eine Eingangsseite 23 der Schleusenvorrichtung 18a verbunden ist. Die Schleusenvorrichtung 18a wird auch als erste oder obere Schleusenvorrichtung 18a bezeichnet. An einer Ausgangsseite 24 der ersten Schleusenvorrichtung 18a ist das Verbindungselement 19 angeschlossen, welches die erste Schleusenvorrichtung 18a mit der Eingangsseite 23 der Schleusenvorrichtung 18b verbindet, die auch als untere oder zweite

Schleusenvorrichtung 18b bezeichnet wird. Die Schleusenvorrichtungen 18a, 18b sind als Zeltenradschleusen 25 ausgebildet. Die Schleusenvorrichtungen 18a, 18b können mithilfe von Elektromotoren 57 angetrieben werden. Das Verbindungselement 19 ist in der gezeigten Darstellung ein gerades Verbindungsrohr 26. Von der Filtervorrichtung 10 gelangt Staub über die Austragöffnung 16 in die erste Schleusenvorrichtung 18a, durch das Verbindungselement 19 in die zweite Schleusenvorrichtung 18b und von dort zu der Sammelstelle 17. Das Verbindungselement 19 ist im Wesentlichen senkrecht angeordnet, sodass anfallender Staub von der ersten Schleusenvorrichtung 18a zur zweiten Schleusenvorrichtung 18b durch die Schwerkraft befördert wird. Der Sperrgaseinlass 20 mündet in eine Innenwandung des Verbindungselementes 19. Es können auch mehrere Sperrgaseinlässe 20 vorgesehen sein.

**[0038]** Um das Eindringen von Umgebungsluft zu reduzieren bzw. zu verhindern, sind sämtliche Verbindungsstellen zwischen den Bauteilen der Filteranlage 9b gasdicht ausgeführt. Allerdings kann über die Ausgangsseite 24 der zweiten Schleusenvorrichtung 18b weiterhin Umgebungsluft eindringen. Um dies zu unterbinden, wird das Sperrgas 21 mit einem Druck oberhalb des Umgebungsdruckes, beispielsweise mit 1,04 bar, in das Verbindungselement 19 eingebracht. Das Sperrgas 21 verdrängt die eindringende Umgebungsluft und drückt diese (wieder) nach außen. Dabei gelangt auch Sperrgas über die zweite Schleusenvorrichtung 18b nach außen. Als Sperrgas 21 wird bevorzugt CO<sub>2</sub> verwendet. Die Verwendung von CO<sub>2</sub> als Sperrgas 21 ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn im Drehrohrofen 2 mit Sauerstoff angereicherte Luft oder im Wesentlichen reiner Sauerstoff eingesetzt wird, wodurch im Wesentlichen reines CO<sub>2</sub> beim Brennvorgang entsteht. Damit ist CO<sub>2</sub> kein Fremdgas für den Prozess.

**[0039]** Um die Dichtheit weiter zu erhöhen, ist es günstig, wenn an der Eingangsseite 23 der zweiten Schleusenvorrichtung 18b stets Staub anliegt. Aus diesem Grund ist es günstig, wenn die Filteranlage 9a, 9b eine Füllstandsmesseinrichtung 27 aufweist, die den Füllstand des anfallenden Staubes in dem Verbindungselement 19 misst. Die Füllstandsmesseinrichtung 27 weist in der gezeigten Darstellung einen unteren 28a und einen oberen Messsensor 28b auf. Mit dem unteren Messsensor 28a kann ein minimaler Füllstand 29 erfasst werden. Mit dem oberen Messsensor kann ein maximaler Füllstand 30 erfasst werden. Wenn der maximale Füllstand 30 erreicht ist, können Gegenmaßnahmen getroffen werden. Beispielsweise kann ein Defekt vorliegen, der behoben werden muss. Es kann auch die Drehzahl der zweiten Schleusenvorrichtung 18b erhöht werden, um den Staub abzubauen. Jedenfalls kann eine Warnung ausgegeben werden. Eine Regelungseinrichtung 31 kann die Drehzahl der zweiten Schleusenvorrichtung 18b vorzugsweise mithilfe eines Wechselrichters/Frequenzumrichters 32, der den Elektromotor 57 ansteuert, derart regeln, dass stets der minimale Füllstand 29 im Verbindungselement 19 vorhanden ist. Wenn beispielsweise der Füllstand geringer ist als der minimale Füllstand 29, kann die Drehzahl der unteren Schleusenvorrichtung 18b reduziert oder diese zum Stillstand gebracht werden, zumindest, bis wieder der minimale Füllstand 19 vorliegt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Austragen von Staub aus einer Filteranlage (9a, 9b) in einer Zementherstellungsanlage (1), bei dem in einer Ofenanlage (3) Rohstoffe zur Herstellung von Zement gebrannt, entstandenes Rauchgas (7) in der Filteranlage (9a, 9b) mit einer Filtervorrichtung (10) entstaubt und anfallender Staub über eine Austragöffnung (16) der Filtervorrichtung (10) ausgetragen werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass an die Austragöffnung (16) zwei in Serie geschaltete Schleusenvorrichtungen (18a, 18b), insbesondere Zellenradschleusen (25), angeschlossen sind, die über ein Verbindungselement (19), insbesondere ein Verbindungsrohr (26), miteinander verbunden sind und den anfallenden Staub von der Austragöffnung (16) nach außen transportieren, wobei zwischen den Schleusenvorrichtungen (18a, 18b) ein Sperrgaseinlass (20) in das Verbindungselement mündet und ein Sperrgas (21) in das Verbindungselement (19) eingebracht wird, um das Eindringen von Umgebungsluft in die Filtervorrichtung (10) zu blockieren.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Sperrgas (21)  $\text{CO}_2$  oder ein Prozessgas mit einem Volumenanteil von  $\text{CO}_2$  von zumindest 15 %, vorzugsweise von zumindest 70 % verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sperrgas (21) von der Ofenanlage (3) und/oder von einer Sperrgasversorgung, insbesondere von zumindest einem Gastank (55), in das Verbindungselement (19) zugeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sperrgas (21) mit einem Druck von 1 mbar bis 200 mbar, vorzugsweise 10 mbar bis 100 mbar, insbesondere 30 mbar bis 50 mbar, über dem statischen Umgebungsdruck außerhalb des Verbindungselementes (19) eingebracht wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Füllstandsmesseinrichtung (27) einen Füllstand des anfallenden Staubes in dem Verbindungselement (19) misst.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Regelungseinrichtung (31) jene Schleusenvorrichtung (18b), die an einem der Filtervorrichtung (10) abgewandten Ende des Verbindungselementes (19) angeordnet ist, insbesondere deren Drehzahl, derart regelt, dass ein minimaler Füllstand (29) des anfallenden Staubes in dem Verbindungselement (19) erhalten bleibt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Wellendichtung von zumindest einer Schleusenvorrichtung (18a, 18b) mit Sperrgas (21) beaufschlagt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Ofenanlage (3) mit Sauerstoff angereicherte Verbrennungsluft oder im Wesentlichen reiner Sauerstoff zur Verbrennung genutzt wird.
9. Filteranlage (9a, 9b) zum Entstauben von Rauchgas (7) einer Zementherstellungsanlage (1), aufweisend:
  - zumindest eine Filtervorrichtung (10) mit einer Austragöffnung (16) für anfallenden Staub;
  - zwei in Serie geschaltete, an die Austragöffnung angeschlossene Schleusenvorrichtungen (18a, 18b), insbesondere Zellenradschleusen (25), die über ein Verbindungselement (19) miteinander verbunden sind und dazu eingerichtet sind, anfallenden Staub weiterzubefördern; und
  - einen Sperrgaseinlass (20), der in das Verbindungselement (19) mündet.
10. Filteranlage nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Füllstandsmesseinrichtung vorgesehen ist, die dazu eingerichtet ist, einen Füllstand des anfallenden Staubes in dem Verbindungselement zu messen.
11. Filteranlage (9a, 9b) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Regelungseinrichtung (31) vorgesehen und dazu eingerichtet ist, jene Schleusenvorrichtung (18b), die

an einem der Filtervorrichtung (10) abgewandten Ende des Verbindungselementes (19) angeordnet ist, insbesondere deren Drehzahl, derart zu regeln, dass ein minimaler Füllstand (29) des anfallenden Staubes in dem Verbindungselement erhalten bleibt.

12. Filteranlage nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Filtervorrichtung (10) mit Ausnahme eines Einlasses (51) für das Rauchgas (7), eines Auslasses (52) für das Rauchgas (7) und der Austragsöffnung (16) für anfallenden Staub im Wesentlichen gasdicht ausgeführt ist und eine der Schleusenvorrichtungen (18a, 18b) im Wesentlichen gasdicht über ein Anschlussteil an die Austragsöffnung (16) angeschlossen ist.
13. Filteranlage nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verbindungselement (19) zwischen den Schleusenvorrichtungen (18a, 18b) in einem Winkel zur Horizontalen, vorzugsweise im Wesentlichen senkrecht, angeordnet ist und eine der Schleusenvorrichtungen (18a) über der anderen (18b) angeordnet ist.
14. Zementherstellungsanlage (1) mit einer Ofenanlage (3), insbesondere einem Drehrohrofen (2), einer Filteranlage (9a, 9b) zum Entstauben von Rauchgasen (7) und vorzugsweise einem Vorwärmerturm (5), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Filteranlage (9a, 9b) nach einem der Ansprüche 9 bis 13 ausgebildet ist.
15. Zementherstellungsanlage (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sperrgaseinlass (20) mit der Ofenanlage und/oder einer Sperrgasversorgung, insbesondere einem Gastank (55), verbunden ist.

## Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

1/2

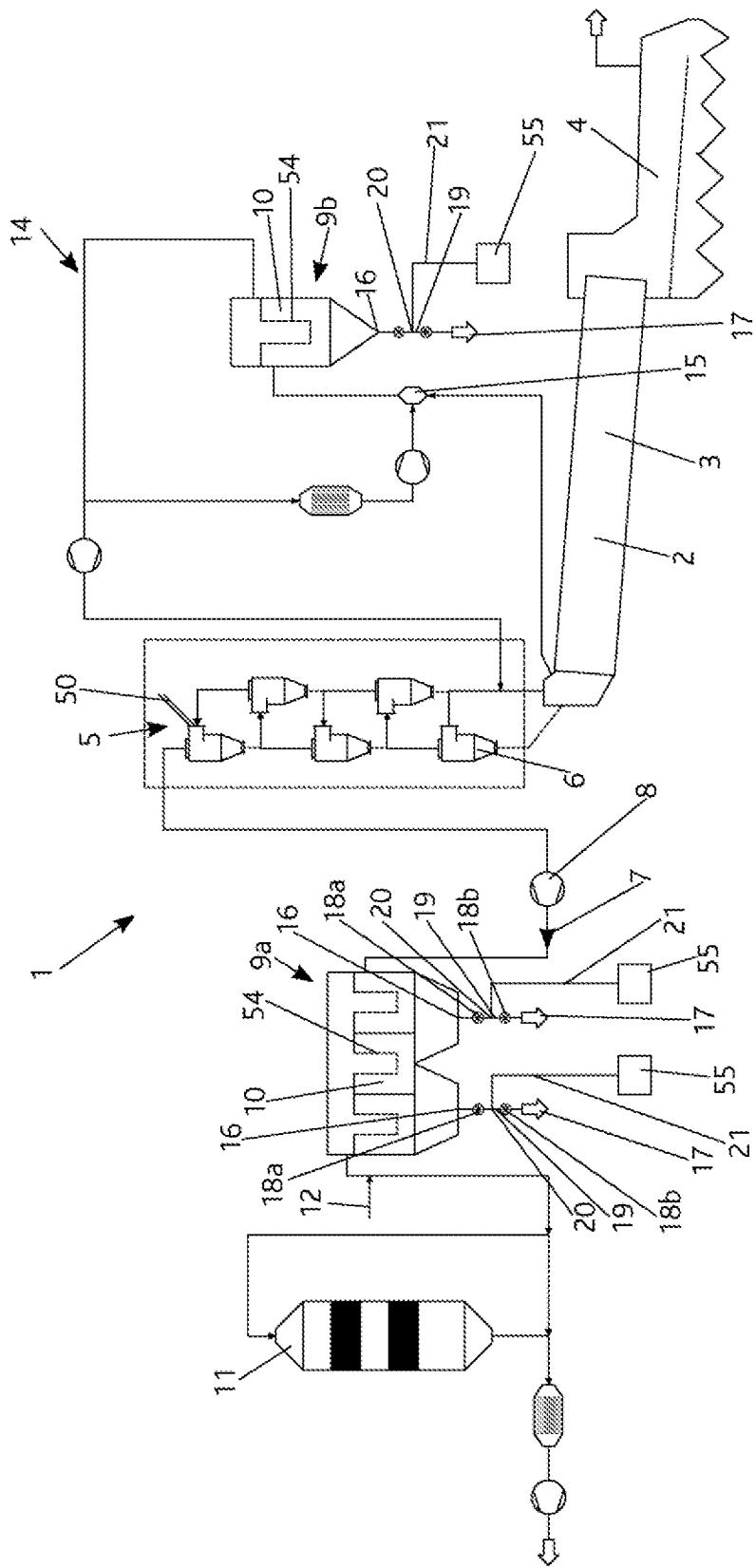


Fig. 1

2/2

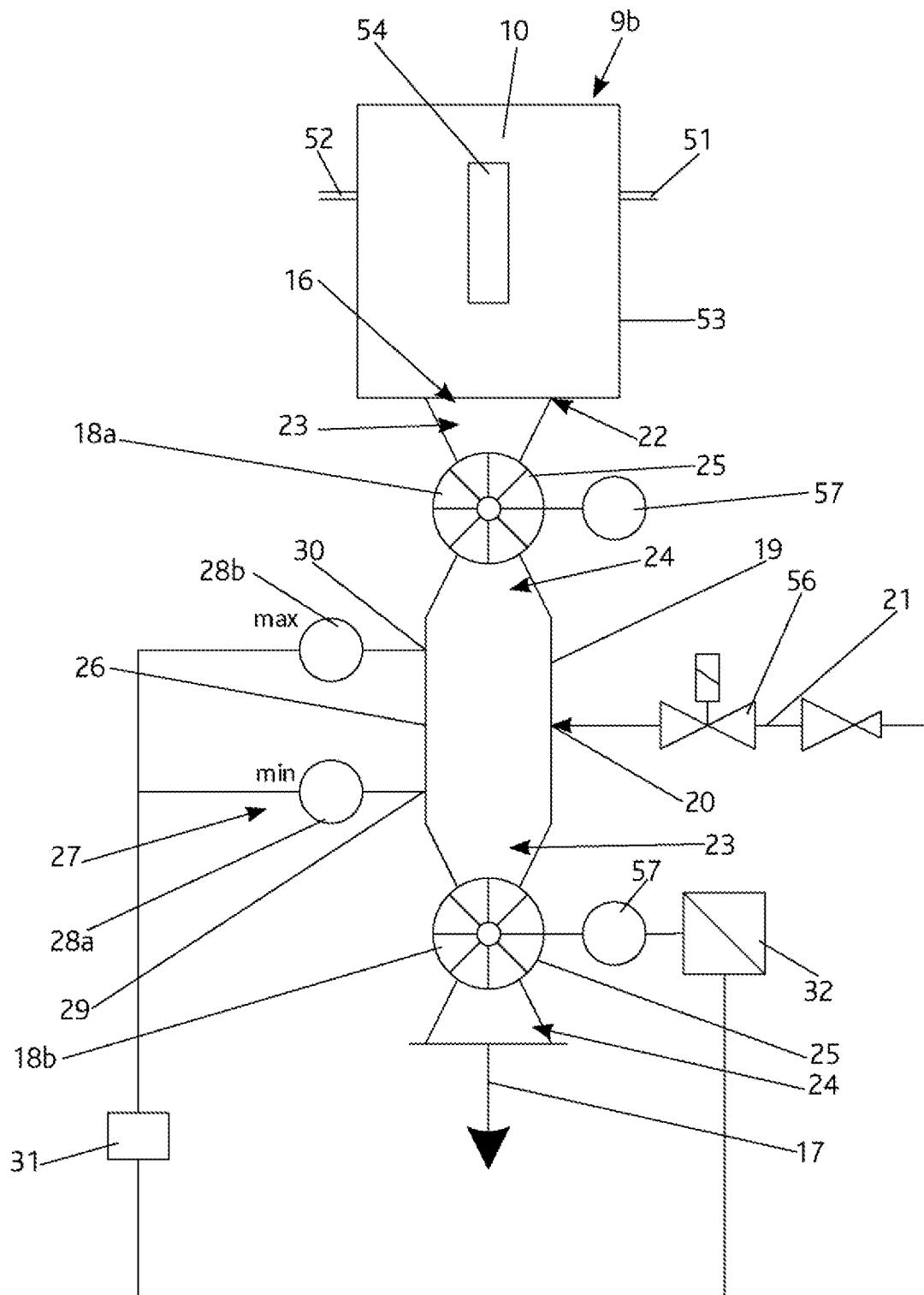


Fig.2