

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50512/2022
(22) Anmeldetag: 11.07.2022
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2023

(51) Int. Cl.: **B01D 46/44** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 20309818 U1
DE 19645096 A1
DE 4444758 A1
DE 10312598 A1
DE 102013224615 A1
DE 102006035729 A1
DE 4230180 A1
JP H0791227 A
JP S6479641 A

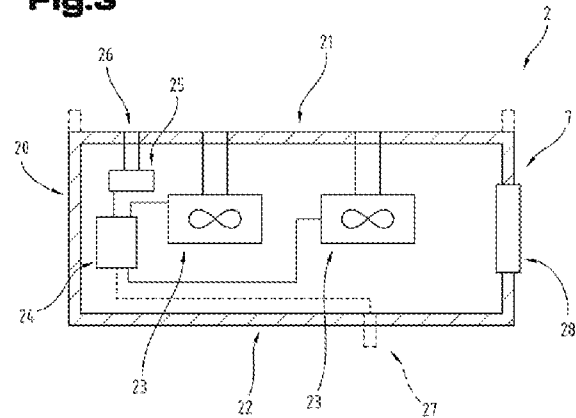
(71) Patentanmelder:
Aigner GmbH
4623 Gunskirchen (AT)

(74) Vertreter:
Fabian & Schögl Patentanwälte OG
4814 Neukirchen bei Altmünster (AT)

(54) **Verfahren zur Veränderung des Volumenstroms eines gasförmigen Fluids**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid, umfassend ein Filterelement (10) oder in einer vorgesehenen Strömungsrichtung des gasförmigen Fluids durch die Vorrichtung (1) mehrere hintereinander angeordnete Filterelemente (10), und zumindest eine Saugvorrichtung (2), die zumindest ein Saugelement (23) mit zumindest einem Antriebselement und zumindest einen Regler zur Einstellung einer Steuer- und/oder Regelgröße für die Veränderung des Volumenstroms des gasförmigen Fluids durch die Vorrichtung (1) aufweist, sowie mit einem Drucksensor (25) zur Messung eines Druckverlusts in der Vorrichtung (1), wobei ausschließlich ein Drucksensor (25) zur Messung eines Druckverlusts in der Vorrichtung (1) vorgesehen ist, der zwischen der Saugvorrichtung (2) und dem Filterelement (10) oder dem der Saugvorrichtung (2) am nächsten angeordneten Filterelement (10) der mehreren Filterelemente (10) angeordnet ist.

Fig. 3



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid, umfassend ein Filterelement (10) oder in einer vorgesehenen Strömungsrichtung des gasförmigen Fluids durch die Vorrichtung (1) mehrere hintereinander angeordnete Filterelemente (10), und zumindest eine Saugvorrichtung (2), die zumindest ein Saugelement (23) mit zumindest einem Antriebselement und zumindest einen Regler zur Einstellung einer Steuer- und/oder Regelgröße für die Veränderung des Volumenstroms des gasförmigen Fluids durch die Vorrichtung (1) aufweist, sowie mit einem Drucksensor (25) zur Messung eines Druckverlusts in der Vorrichtung (1), wobei ausschließlich ein Drucksensor (25) zur Messung eines Druckverlusts in der Vorrichtung (1) vorgesehen ist, der zwischen der Saugvorrichtung (2) und dem Filterelement (10) oder dem der Saugvorrichtung (2) am nächsten angeordneten Filterelement (10) der mehreren Filterelemente (10) angeordnet ist.

Fig. 3

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Steuer- und/oder Regelgröße für die Veränderung des Volumenstroms eines gasförmigen Fluids durch eine Vorrichtung zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid, wobei das Fluid mit zumindest einer ein Antriebselement aufweisenden Saugvorrichtung durch zumindest eine Einlassöffnung der Vorrichtung angesaugt und in einer Strömungsrichtung durch zumindest ein Filterelement gesaugt wird, wobei das Filterelement in der Strömungsrichtung vor der Saugvorrichtung angeordnet wird.

Weiter betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid, umfassend ein Filterelement oder in einer vorgesehenen Strömungsrichtung des gasförmigen Fluids durch die Vorrichtung mehrere hintereinander angeordnete Filterelemente, und zumindest eine Saugvorrichtung, die zumindest ein Saugelement mit zumindest einem Antriebselement und zumindest einen Regler zur Einstellung einer Steuer- und/oder Regelgröße für die Veränderung des Volumenstroms des gasförmigen Fluids durch eine Vorrichtung aufweist, sowie mit einem Drucksensor zur Messung eines Druckverlusts in der Vorrichtung.

Vorrichtungen zur Abscheidung von Feststoffen aus einem Gasstrom sind in der Technik weit verbreitet und oftmals beschrieben worden. Unter anderem sind auch modular aufgebaute Systeme bekannt. So beschreibt die DE196 45 096 A1 ein Luftreinigungsgerät mit einem Ansaugteil, einem Ventilatorgehäuse mit einem oder mehreren Ventilatoren und ein oder mehrere, vor oder nach dem Ventilator angeordnete, Luftfilter. Das Gerät weist ein mit einem Sockel ausgebildetes Gehäuse aus turmartig übereinander angeordneten, im Dichtsitz ineinandergreifenden und voneinander leicht lösbaren, modulartig ausgebildeten Funktionsteilen auf, die mit mindestens einem, am seitlichen Teil des Gehäuses mittels einer

Schwenkaufnahme schwenkbar angeordneten Schwenkhebel zusammenge-
spannt sind. Der Schwenkhebel umgreift dabei alle Teile des Gehäuses von au-
ßen.

Bekanntlich treten in realen Strömungen Druckverluste auf, die zusätzlich von der Saugvorrichtung derartiger Filteranlagen überwunden werden müssen. In der Re-
gel wird dabei zur Messung des Druckverlustes die Differenzdruckmessung des Filterwiderstandes angewandt. Aus dem Filterwiderstand kann auf den Verschmut-
zungsgrad des Filterelements geschlossen werden. Je höher der Widerstand ist, verglichen mit dem Wert eines sauberen Filterelementes gleicher Filterklasse, desto mehr aus dem Gas gefiltertes Material befindet sich auf dem Filterelement. Demzufolge kann man diese Druckverlustwerte zur Steuerung der Leistung eines Antriebs der Saugvorrichtung heranziehen, um damit die Anlage immer in einem optimalen Parameterbereich betreiben zu können.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, den Aufbau derartiger Filtervorrichtungen zu vereinfachen.

Die Aufgabe der Erfindung wird mit dem eingangs genannten Verfahren gelöst, das folgende Schritte umfasst:

- a. Festlegung einer Mutterkurve der Saugvorrichtung, die die Abhängigkeit des Volumenstroms V_M an gasförmigem Fluid vom Fluiddruck p_M in der Saugvorrichtung wiedergibt;
- b. Messung des Ist-Wertes des Gesamtdruckverlustes p_l der Vorrichtung mit einem Drucksensor;
- c. Erfassung einer von einem Regler der Saugvorrichtung ausgegebenen Steuerspannung zum Zeitpunkt der der Messung des Gesamtdruckverlustes der Vorrichtung;
- d. Berechnung einer Ist-Drehzahl n_l des Antriebselements der Saugvorrichtung mit der Formel

$$n_l = k \times \text{Steuerspannung} - z,$$

wobei k die Steigung der Kennlinie und z eine Verschiebungskonstante be-
deuten;

- e. Berechnung des zum gemessenen Ist-Wert des Gesamtdruckverlustes p_i der Vorrichtung zugehörigen Druckverlustes der Mutterkurve p_M bei der vom Regler der Saugvorrichtung ausgegebenen Steuerspannung zum Zeitpunkt der Messung des Gesamtdruckverlustes der Vorrichtung mit der Formel

$$p_M = (n_M/n_i)^2 \times p_i$$

wobei n_M die Drehzahl des Antriebselements bei einer der Mutterkurve entsprechenden Steuerspannung bedeutet, berechnet mit der unter Punkt d. wiedergegebenen Formel und/oder als Zahlenwert in einem elektronischen Speicherelement der Vorrichtung zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid hinterlegt;

- f. Berechnung des Volumenstroms V_M der Mutterkurve beim Druckverlust der Mutterkurve p_M ;
- g. Berechnung des Ist-Wertes des Volumenstroms V_I bei der vom Regler ausgegebenen Steuerspannung mit der Formel;

$$V_I = (n_i/n_M) \times V_M$$

- h. Vergleich des Ist-Wertes des Volumenstroms V_I mit einem Soll-Wert des Volumenstroms;
- i. Gegebenenfalls Änderung der Steuerspannung zur Änderung der Drehzahl der Saugvorrichtung und/oder zur Änderung des Gesamtdruckverlusts der Vorrichtung.

Weiter wird die Aufgabe der Erfindung mit der eingangs genannten Vorrichtung gelöst, bei der vorgesehen ist, dass ausschließlich ein Drucksensor zur Messung eines Druckverlusts in der Vorrichtung vorgesehen ist, der zwischen der Saugvorrichtung und dem Filterelement oder dem der Saugvorrichtung am nächsten angeordneten Filterelement der mehreren Filterelemente angeordnet ist.

Von Vorteil ist dabei, dass es mit dem Verfahren ermöglicht wird, den Gesamtdruckverlust der Filteranlage bis zur Saugvorrichtung, also über sämtliche Filterelemente (und bis zum Verursacher der Luftverunreinigung, also beispielsweise bis zur Absaugung an einer Maschine), mit nur einem einzigen Drucksensor zu messen. Dies wiederum ermöglicht einen deutlich einfacheren Aufbau der

Vorrichtung bis zur Saugeinrichtung, da nicht mehr zumindest zwei Messstellen vorgesehen werden müssen, um den Differenzdruck eines Filterelementes oder aller Filterelemente zu messen. Wenn dieser über alle Filterelemente mit zwei Messstellen gemessen wird, muss eine entsprechende Strömungsverbindung hergestellt werden, um den Druckverlust mit einem Differenzdrucksensor zu messen. All dies ist mit der Erfindung nicht notwendig, sodass die Technik zur Steuerung und/oder Regelung kompakter ausgeführt werden kann.

Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Mutterkurve der Saugvorrichtung mit der Formel

$$V_M = A \times p_M^5 + B \times p_M^4 + C \times p_M^3 + D \times p_M^2 + E \times p_M^1 + F \times p_M^0,$$

berechnet wird, wobei A, B, C, D, E und F Koeffizienten sind und p_M den Druck, den die Saugvorrichtung bei einer definierten Steuerspannung erzeugt, bedeuten. Es ist damit einfacher möglich, in der Vorrichtung unterschiedliche Saugvorrichtungen vorzusehen bzw. eine Saugvorrichtung durch eine andere Saugvorrichtung auszutauschen, womit die Vorrichtung besser auf konkrete Einsatzgebiete angepasst werden kann, insbesondere wenn die Vorrichtung zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid modular aufgebaut ist.

Zur Verkürzung der Reaktionszeit bzw. zur Vereinfachung der Abläufe kann nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass die Schritte e. und f. in einem Schritt mit der Formel

$$V_I = V_M / \sqrt{(P_M/P_I)}$$

kombiniert werden.

Nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Mutterkurve bei der maximalen Steuerspannung definiert wird, bis zu der die Drehzahl der Antriebseinrichtung in Abhängigkeit vom Gesamtdruckverlustes p_l der Vorrichtung konstant gehalten werden kann, da damit die Regelgenauigkeit verbessert werden kann.

Aus dem gleichen Grund kann entsprechend einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass die Formel

$$n_1 = k \times \text{Steuerspannung} - z$$

ausschließlich für jenen Bereich der Saugvorrichtung angewandt wird, deren untere Grenze n_{uG} durch den Wert der Steuerspannung definiert ist, bei der die Saugvorrichtung anspricht, und deren obere Grenze n_{oG} durch den Wert der Steuerspannung definiert ist, die der maximalen Drehzahl der Antriebsvorrichtung entspricht.

Zur weiteren Verbesserung des Regelverhaltens im nichtlinearen Bereich der Kennlinie der Saugvorrichtung kann entsprechend einer Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass für eine Drehzahl ab der Drehzahl, bis zu der diese konstant gehalten werden kann, eine zweite Mutterkurve festgelegt wird.

Eine Vereinfachung in der Umsetzung des Verfahrens kann erreicht werden, wenn für einen Bereich mit einer unteren Grenze der Steuerspannung, ab der der Volumenstrom an gasförmigen Fluid durch die Vorrichtung 1 durch eine Drehzahländerung um maximal 1 % erhöht werden kann, eine dritte Mutterkurve festgelegt wird, die entsprechend der voranstehend angegebenen Formel

$$V_M = A \times p_M^5 + B \times p_M^4 + C \times p_M^3 + D \times p_M^2 + E \times p_M^1 + F \times p_M^0,$$

berechnet wird, wobei die Steuerspannung größer ist als die Steuerspannung der zweiten Mutterkurve, und die an die Steuerspannung der zweiten Mutterkurve anschließende nächste halbe oder ganze Zahl ist.

Nach einer Ausführungsvariante der Vorrichtung zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid (im Folgenden nur mehr als Vorrichtung bezeichnet) kann das Filterelement oder jedes der mehreren Filterelemente einen Rahmen aufweisen, der/die einen Teil eines Gehäuses der Vorrichtung bildet/bilden. Es ist damit nicht mehr notwendig, das zumindest eine Filter an sich in ein gesondertes Gehäuse einzusetzen. Vielmehr kann jedes Filterelement damit eine eigenständige Einheit bilden, die auch in unterschiedlichsten Filterkonfigurationen einer derartigen Gasfilteranlage rasch, und ohne weitere Anpassungsmaßnahmen treffen zu müssen, eingesetzt werden kann. Somit kann die Modularität einer Vorrichtung zur Abtrennung eines Stoffes aus einem Gas weiter ausgebaut werden,

insbesondere wenn gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Vorrichtung, jedes der Filterelemente ein Filtermodul bildet.

Die Saugvorrichtung selbst kann gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Vorrichtung ebenfalls modulartig als Saugmodul ausgeführt sein. Insbesondere in dieser Ausführungsvariante der Erfindung kommt auch der Vorteil der erfindungsgemäßen Ausführung mit nur einem Drucksensor besonders zur Geltung, da damit die Saugvorrichtung für verschiedenste Konstellationen an unterschiedlich zusammengesetzten Filterelementen eingesetzt werden kann. Eine Adaptierung der Saugvorrichtung kann damit vermieden werden.

Aus diesem Grund kann nach weiteren Ausführungsvarianten der Erfindung vorgesehen sein, dass an dem Saugmodul ein einer dem Filtermodul oder den Filtermodulen zugewandten Oberfläche ein Messeingang für den Drucksensor angeordnet ist und/oder dass an dem Saugmodul an einer Seitenfläche oder einer Unterseite eine Schnittstelle zur Messung des Umgebungsdrucks angeordnet ist. Mit letztgenannter Ausführungsvariante kann zudem die Genauigkeit der Steuerung und/oder Regelung verbessert werden, da damit der am jeweiligen Standort der Vorrichtung und während des Betriebes der Vorrichtung vorherrschende Luftdruck als Bezugsnullpunkt herangezogen werden kann.

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung ist der ausschließlich eine Drucksensor ein Unterdrucksensor oder ein Differenzdrucksensor.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigt jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

- Fig. 1 Eine Vorrichtung zur Abtrennung eines Stoffes aus einem Gas;
- Fig. 2 Ein Filtermodul;
- Fig. 3 Ein Saugmodul;
- Fig. 4 Ein Kennlinienfeld für verschiedene Steuerspannungen;

Fig. 5 Den Verlauf der Drehzahl in Abhängigkeit der Steuerspannung.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

In Fig. 1 ist eine bevorzugte Ausführungsvariante einer Vorrichtung 1 zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid bzw. einem Gas (im Folgenden nur mehr als Vorrichtung 1 bezeichnet) dargestellt. Die Vorrichtung 1 kann auch als Luftfilter bezeichnet bzw. eingesetzt werden.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand dieser Ausführungsvariante der Vorrichtung 1 erläutert. Die Erfindung ist aber nicht auf diese Ausführungsvariante beschränkt, wenngleich diese Ausführungsvariante in Zusammenhang mit der Erfindung Vorteile hat. Es ist möglich, die Erfindung generell in Vorrichtungen 1 zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid einzusetzen, selbst wenn diese nicht modular aufgebaut sind oder wenn diese ein zusätzliches Gehäuse aufweisen.

Die Vorrichtung 1 kann beispielsweise zur Abtrennung von Feststoffen aus Abluft von Schweißanlagen (sogenannter Schweißrauch), von Lötanlagen, von Brenn- und Plasmaschneidanlagen, von Laseranlagen, von Schleifstaub, zur Reinigung von Öl- und Emulsionsnebeln, von Lacknebeln, etc., eingesetzt werden. Dabei können die Partikel in unterschiedlichen Fraktionen abgetrennt werden, beispielsweise als Grobstaub und als Feinstaub. Diese Anwendungen der Vorrichtung 1 sind als Beispiele und das Anwendungsspektrum der Vorrichtung 1 nicht beschränkend zu verstehen. Die Vorrichtung 1 kann auch zur Abtrennung eines Gases aus einem Gasstrom verwendet werden.

Die Vorrichtung 1 nach Fig. 1 umfasst ein Saugmodul bzw. generell eine Saugvorrichtung 2, ein Anschlussmodul 3 und zwei Filtermodule 4, 5 bzw. besteht daraus. Prinzipiell kann in der Vorrichtung 1 eine von zwei verschiedene Anzahl an Filtermodulen 4, 5 vorgesehen sein, beispielsweise nur eines oder drei oder vier oder fünf, etc.

Das Saugmodul, das zumindest eine Filtermodul 4 oder die Filtermodule 4, 5 und das Anschlussmodul 3 sind übereinander angeordnet, wobei das zumindest eine Filtermodul 4 oder die Filtermodule 4, 5 zwischen dem Saugmodul und dem Anschlussmodul 3 angeordnet ist/sind. In der bevorzugten Ausführungsvariante ist das Saugmodul ausschließlich über das Filtermodul 4 oder die mehreren Filtermodule 4, 5 mit dem Anschlussmodul 3 verbunden, sodass zwischen diesen also kein weiteres Verbindungselement vorhanden ist. Es kann aber vorgesehen sein, dass das Saugmodul mit dem Anschlussmodul 3 über ein nicht weiter dargestelltes Verbindungselement, wie beispielsweise einen Verbindungsbügel oder zumindest eine Schraubverbindung, etc., zusätzlich oder alternativ zur Verbindung über das oder die Filtermodule 4, 5 verbunden ist.

Die Module der Vorrichtung 1 sind turmartig übereinander angeordnet. Das Saugmodul ist bevorzugt das unterste Modul der Vorrichtung 1, kann aber gegebenenfalls auch an einer anderen Stelle in der Vorrichtung 1 angeordnet sein, beispielsweise ganz oben.

Das Anschlussmodul 3 bildet vorzugweise den oberen Abschluss der Vorrichtung 1, kann jedoch auch an einer anderen Stelle in der Vorrichtung 1 angeordnet werden. Das Anschlussmodul 3 weist zumindest einen Einlass 6 auf. Über diesen Einlass 6 wird der Vorrichtung 1 das verunreinigte gasförmige Fluid, wie beispielsweise die verunreinigte Luft, zugeführt. Der Einlass 6 kann dazu für den Anschluss einer Leitung für das verunreinigte gasförmige Fluid oder einer Abzugeinrichtung, z.B. einer Abzughaube, vorgesehen sein. In Fig. 1 ist der Einlass 6 seitlich am Anschlussmodul 3 angeordnet. Er kann aber auch oben angeordnet sein.

Es sei an dieser Stelle der Vollständigkeit halber erwähnt, dass die Vorrichtung 1 auch mehr als ein Saugmodul und/oder mehr als ein Anschlussmodul 3 aufweisen kann.

Das Saugvorrichtung 2, d.h. das Saugmodul in der Ausführungsvariante nach Fig. 1, weist ein Saugvorrichtungsgehäuse 7 und das Anschlussmodul 3 ein Anschlussmodulgehäuse 8 auf. Das Saugvorrichtungsgehäuse 7 und das Anschlussmodulgehäuse 8 können beispielsweise aus einem Metall, insbesondere aus einem Blech, gefertigt sein. Das Saugvorrichtungsgehäuse 7 und das Anschlussmodulgehäuse 8 sind bei der Ausführungsvariante der Vorrichtung 1 nach Fig. 1 Teil eines Gehäuses 9 der Vorrichtung 1, das die äußere Hülle der Vorrichtung 1 bildet.

Zur Veränderung bzw. Reduzierung von sogenanntem Strömungsrauschen kann nach einer Ausführungsvariante der Vorrichtung 1 der zumindest eine Einlass 6 des Anschlussmodulgehäuse 8 entsprechend orientiert bzw. ausgebildet werden. Beispielsweise kann der Einlass 6 durch einen nach unten offenen Rohrstutzen gebildet werden.

In Fig. 2 ist das Filtermodul 4 dargestellt. Die Filtermodule 4, 5 einer Vorrichtung 1 können vom Prinzip her gleich ausgebildet sein, sodass im Folgenden nur ein Filtermodul 4 beschrieben wird.

Das Filtermodul 4 weist zumindest ein Filterelement 10 auf. Es können auch mehrere Filterelemente 10 im Filtermodul 4 angeordnet sein, beispielsweise zwei unmittelbar übereinander oder mit Abstand zueinander.

Bei mehr als einem Filterelement 10 pro Filtermodul 4 können diese gleich oder unterschiedlich ausgebildet sein. Insbesondere können diese eine unterschiedliche Durchlässigkeit für Feststoffpartikel aufweisen, also eine unterschiedliche Filterklasse haben.

Wenn in der Vorrichtung 1 unterschiedliche Filtermodule 4, 5 angeordnet sind, dann können sich diese (ausschließlich) durch Filterelemente 10 unterscheiden, die unterschiedlichen Filterklassen angehören, sodass also beispielsweise ein

Grob- und Feinstaubabscheidung mit der Vorrichtung 1 möglich ist. Die Filtermodule 4, 5 können auch Filterelemente 10 aus unterschiedlichen Filterwerkstoffen aufweisen. Die konstruktive Ausgestaltung der Filtermodule 4, 5 kann aber gleich sein, bzw. gegebenenfalls auch unterschiedlich, beispielsweise indem die Filtermodule 4, 5 unterschiedliche Höhen aufweisen.

Das zumindest eine Filterelement 10 ist in einem Rahmen 11 des Filtermoduls 4 gehalten und mit diesem nicht lösbar (untrennbar) verbunden. Nicht lösbar bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das Filterelement 10 nicht ohne Zerstörung des Filterelementes 10 und/oder des Verbindungsmittels vom Rahmen 11 getrennt werden kann, wie dies bei lösbaren Verbindungen der Fall ist. Beispielsweise kann das Filterelement 10 mit dem Rahmen 11 stoffschlüssig verbunden sein, z.B. verklebt oder verschweißt sein, z.B. mittels eines thermoplastischen Kunststoffes. Andere Verbindungsmethoden sind je nach Rahmenmaterial ebenfalls einsetzbar, beispielsweise kann das Filterelement 10 auf den Rahmen 11 aufgenietet oder an diesen angenäht, etc., sein.

Es sei in diesem Zusammenhang noch einmal darauf hingewiesen, dass das Filterelement 10 im Rahmen der Erfindung nicht zwingenderweise den Rahmen 11 aufweisen muss. Das Filterelement 10 kann auch als Filterpatrone oder Filterkartusche oder als Einschubfilter, etc. ausgebildet sein, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist. Derartige Filterelemente 10 werden üblicherweise in einem gemeinsamen Gehäuse aufgenommen, das nicht Teil der Filterelemente 10 ist bzw. das nicht teilweise durch die Filterelemente 10 bzw. die Filtermodule 4, 5 gebildet wird.

Das Filterelement 10 kann an einem Steg 12 anliegend oder aufliegend angeordnet sein bzw. in eine Nut dieses Steges 12 eingreifend angeordnet sein. Der Steg 12 bzw. entsprechenden Teile davon, ist/sind vorzugsweise einstückig mit dem Rahmen 11 bzw. Rahmenwänden 13 ausgebildet.

Der Rahmen 11 kann aus einer einzigen umlaufenden Rahmenwand 13 oder aus mehreren Rahmenwänden 13 gebildet sein.

Der Rahmen 11 definiert eine freie Fläche, die von dem Rahmen 11 umgeben ist. Das Filterelement 10 nimmt diese freie Fläche zur Gänze ein, sodass das zu reinigende Gas zwangsweise durch das Filterelement 10 durchströmen muss.

Bei anderen Ausführungsvarianten der Erfindung ohne diesen modularen Aufbau sind in der Vorrichtung 1 entsprechende Leitelemente angeordnet, die den Gasstrom zu bzw. durch die Filterelemente 10 leiten

Das Filterelement 10 ist vorzugsweise ebenflächig, beispielsweise plattenförmig, ausgebildet. Es kann aus einem Filtergewebe oder einem Papierfilter oder einem anderen für die genannten Zwecke bekannten Filtermaterial, wie beispielsweise Aktivkohle (für Gase) bestehen und gegebenenfalls eine Stützstruktur aufweisen, falls die Eigensteifigkeit nicht ausreichen groß ist.

Der Rahmen 11 kann einen Teil des Gehäuses 9 bilden, sodass also das Filtermodul 4 bei der Ausführungsvariante der Vorrichtung nach Fig. 1 nicht in ein zusätzliches Gehäuse eingesetzt ist. Mit anderen Worten ausgedrückt ist das Gehäuse der Vorrichtung 1 nach Fig.1 aus dem Saugvorrichtungsgehäuse 7, dem Anschlussmodulgehäuse 8 und dem zumindest einen Rahmen 11 des zumindest einen Filtermoduls 4, 5 gebildet.

Der Rahmen 11 kann eine für die Funktion des Filtermoduls 4 zweckmäßige Höhe 14 aufweisen. Die Höhe 14 kann beispielsweise zwischen 10 cm und 60 cm, insbesondere zwischen 10 cm und 40 cm, betragen. Mit „zweckmäßig“ ist gemeint, dass das Filtermodul 4 auch ausreichend Volumen für die Aufnahme von aus dem Gas abgetrennten Stoffen aufweisen soll. Der Rahmen 11 kann also beispielsweise in Form eines Mantels eines Quaders bzw. generell mantelförmig ausgebildet sein. Der Begriff „Rahmen 11“ ist im Sinne der Erfindung also nicht zwingend so zu verstehen, dass dieser relativ flach in Art eines Bilderrahmens gebildet ist und aus Leisten zusammengesetzt ist.

Prinzipiell kann der Rahmen 11 aus einem metallischen Werkstoff bestehen. In der bevorzugten Ausführungsvariante besteht der Rahmen jedoch teilweise oder zur Gänze aus einem nichtmetallischen Werkstoff. Besonders bevorzugt wird da-

bei einer Faserwerkstoff eingesetzt, wie beispielsweise ein Holzfaserverwerkstoff, z.B. MDF-Platten, oder auch aus Zellstoff oder Holzschliff oder Altpapier bestehende Werkstoffe, wie insbesondere Karton oder Wellpappe. Es können aber auch thermo- oder duroplastische Kunststoffe eingesetzt werden, beispielsweise in Form von Kunststoffplatten oder Stegplatten, etc.

Eine Stirnfläche 15 des Rahmens 11 kann mit zumindest einem Formschlusselement ausgebildet bzw. versehen sein, beispielsweise gestuft, nutförmig, mit einem Steg, etc., ausgeführt sein. Dabei können die beiden axialen Stirnflächen 15 des Rahmens 11 jeweils komplementäre Formschlusselemente aufweisen, sodass zwischen mehreren aufeinander gestellten Filtermodulen 4, 5 ein Formschluss ausgebildet wird.

Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass die Filtermodule 4, 5 einer Vorrichtung 1 vorzugsweise die gleiche Querschnittsform und Querschnittsgröße aufweisen.

Alternativ oder zusätzlich zu der formschlüssigen Verbindung zwischen den einzelnen Modulen der Vorrichtung 1, also dem Saugmodul, dem Anschlussmodul 3 und den Filtermodulen 4, 5, können einzelne oder alle dieser Module kraftschlüssig miteinander verbunden sein. Insbesondere kann dazu gemäß einer Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass zumindest einzelne dieser Module vorzugsweise sämtliche, mit Spann-Verschlüssen 16 miteinander verbunden sind. Die Spann-Verschlüsse 16 an sich können dem Stand der Technik hierfür entsprechend ausgebildet sein.

Die kraftschlüssige Verbindung zwischen den Modulen des Gehäuses 9 der Vorrichtung 1 kann auch anders hergestellt sein, beispielsweise durch Schrauben, Kniehebel, mittels Excenterverbinder bestehend aus einem drehbaren Exzenter in dem der Kopf eines Bolzens aufgenommen ist, wobei der Exzenter in einem ersten Modul und der Bolzen in einem zweiten, unmittelbar an das erste Modul anschließenden Modul angeordnet sind, (wie dies für die Verbindung von Möbelkorpusplatten bekannt ist), etc.

Insbesondere sind die einzelnen Module der Vorrichtung 1 dichtend miteinander verbunden, sodass im Betrieb der Vorrichtung 1 zwischen den Modulen kein Gasstrom austritt. Dazu kann zwischen den Modulen ein Dichtelement 17, insbesondere eine Elastomerdichtung, angeordnet sein, beispielsweise an jeweils einem der aneinander anliegenden Module angeformt (z.B. mittels Spritzguss oder durch Aufspritzen) sein.

Zur bessern Handhabbarkeit der Module kann auf diesen/diesem zumindest ein Handhabungselement 18, z.B. ein Griff, eine Schlaufe oder eine Griffmulde, angeordnet bzw. befestigt sein, wie dies aus Fig. 1 ersichtlich ist.

Es kann weiter vorgesehen sein, dass an der Vorrichtung 1, insbesondere dem Saugmodul 2, Räder 19 angeordnet sind.

In Fig. 3 ist eine Ausführungsvariante der Saugvorrichtung 2 gezeigt, die bevorzugt als voranstehend genanntes Saugmodul ausgeführt ist.

Die Saugvorrichtung 2 weist das Saugvorrichtungsgehäuse 7 auf, das aus einem Gehäusemantel 20, einer ersten Stirnwand 21 und einer zweiten Stirnwand 22 gebildet ist.

In der Saugvorrichtung 2 ist die „Technik“ der Vorrichtung 1 angeordnet, also beispielsweise ein Saugelement 23 mit einem Antriebselement oder mehrere Saugelemente 23 mit (gegebenenfalls jeweils) einem Antriebselement, wie z.B. ein Ventilator oder eine Turbine. Das Antriebselement bzw. die Antriebselemente kann ein/können beispielsweise Elektromotor(en) sein. Das zumindest eine Antriebselement kann aber auch anders ausgebildet sein.

In der Ausführungsvariante des Saugvorrichtung 2 nach Fig. 3 sind zwei Saugelemente 23 vorgesehen. Die Saugvorrichtung 2 kann aber auch nur ein Saugelement 23 oder mehr als zwei Saugelemente 23 aufweisen, beispielsweise drei oder vier, etc.

In der Saugvorrichtung 2 sind weiter eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung 24 und ein Drucksensor 25, insbesondere ein Unterdrucksensor, angeordnet.

Die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 24 weist einen Regler zur Einstellung bzw. Verstellung einer Steuer- und/oder Regelgröße für die Veränderung des Volumensstroms des gasförmigen Fluids, das mit dem zumindest einen Saugelement 23 durch die Vorrichtung 1 gesaugt wird auf. Der Regler ist insbesondere ein PI-Regler, kann aber auch ein P- oder ein I- oder ein PID-Regler sein.

Der Drucksensor 25 ist der einzige Sensor der Vorrichtung 1, mit dem der Druckverlust in der Vorrichtung 1 beim Durchströmen der Filtermodule 4, 5, etc., erfasst wird. Es wird also mit diesem einzigen Drucksensor 25 der Gesamtdruckverlust der Vorrichtung 1 bis zur Saugvorrichtung 2 erfasst. Eine Differenzdruckmessung, wie diese im Stand der Technik beschrieben ist, ist daher nicht notwendig, sodass an den einzelnen Filtermodulen 4, 5 keine Messstellen für die Druckmessung vorhanden bzw. ausgebildet sein müssen bzw. sind.

Der Drucksensor 25 an sich kann dem Stand der Technik hierfür entsprechend ausgebildet sein. Beispielsweise kann der Drucksensor 25 ein Differenzdrucksensor auf einer Platine sein, welcher eine elektronische Kalibrierung des Nullpunktes erlaubt. Zudem ist es von Vorteil, wenn der Drucksensor eine Kompensation der Temperatur erlaubt, wenn er in der Abluft eingesetzt wird, die höhere Temperaturen aufweisen kann, beispielsweise bis zu 60 °C.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die bevorzugte Ausführungsvariante der Vorrichtung 1 jene ist, bei der das gasförmige Fluid durch das zumindest eine Filterelemente 10 gesaugt wird, sodass also das zumindest eine Saugelement 23 in Strömungsrichtung des Fluids nach dem oder den Filterelement(en) 10 angeordnet ist. Es besteht aber die Möglichkeit, dass das zumindest eine Saugelement für das gasförmige Fluid in Strömungsrichtung des gasförmigen Fluids vor dem oder den Filterelement(en) 10 angeordnet ist. Dies ist jedoch nicht bevorzugt, da bei dieser Ausführungsvariante das zumindest eine Saugelement u.U. mit abrasiven Medien aufschlägt wird. In dieser Ausführungsvariante wird das gasförmige Fluid zwar von dem zumindest einen Saugelement noch immer angesaugt, aber in weiterer Folge durch das oder die Filterelement(e) 10 gedrückt. Nachdem mit dem Drucksensor 25 der Gesamtdruckverlust durch die das oder die Filterelement(e) 10 erfasst wird, muss in dieser Ausführungsvariante entweder der Drucksensor 25

in Strömungsrichtung des gasförmigen Fluids nach dem letzten der Filterelemente 10 angeordnet sein oder eine entsprechende Strömungsverbindung, z.B. ein Schlauch, zwischen einer Messstelle, die nach dem letzten der Filterelemente 10 angeordnet ist, zur Saugvorrichtung 2 angeordnet werden, sodass der Drucksensor 25 für die Erfassung des Gesamtdruckverlusts in der Saugvorrichtung 2, die in dieser Ausführungsvariante in Strömungsrichtung des gasförmigen Fluids vor den Filterelementen 10 angeordnet ist, verbleiben kann.

In der bevorzugten Ausführungsvariante der Vorrichtung 1 befindet sich der Drucksensor 25 zur Messung des Gesamtdruckverlusts bis zur Saugvorrichtung 2 also zwischen dieser und dem Filterelement 10 bzw. dem Filtermodul 4 oder dem in Strömungsrichtung des gasförmigen Fluids letzten der mehreren Filterelemente 10 bzw. der mehreren Filtermodule 4, 5.

In der bevorzugten Ausführungsvariante der Vorrichtung 1 kann an dem Saugvorrichtungsgehäuse 7, insbesondere in der ersten Stirnfläche 21, an einer dem Filtermodul 4 oder den Filtermodulen 4, 5 bzw. dem oder den Filterelement(en) 10 zugewandten Oberfläche eine Messstelle, d.h. ein Messeingang 26, für den Drucksensor 25 angeordnet bzw. ausgebildet sein. Diese Messstelle steht in direkter Verbindung zu dem darüber liegenden Volumen unterhalb des (in Strömungsrichtung letzten) Filterelements 10, also insbesondere dem Volumen unterhalb des Filterelements 10 des (in Strömungsrichtung letzten) Filtermoduls 4, 5.

Als Bezugsnullpunkt für die Messung des Druckverlusts in der Vorrichtung 1 wird bevorzugt der Atmosphärendruck der Umgebungsatmosphäre der Vorrichtung 1 herangezogen werden. Da sich dieser in der Regel in einem kleinen Bereich ändert, kann der entsprechende Wert in einem elektronischen Speicherelement der Saugvorrichtung 2 hinterlegt sein.

Gemäß einer anderen Ausführungsvariante der Vorrichtung 1 kann jedoch vorgesehen sein, dass an dem Saugvorrichtungsgehäuse 7, insbesondere in der zweiten Stirnfläche 21 oder dem Gehäusemantel 20, eine Schnittstelle 27 zur Messung des Umgebungsdrucks angeordnet ist. Die Schnittstelle 27 kann mit einem Drucksensor verbunden sein, der den Umgebungsdruck misst. Dieser Drucksensor kann

aber auch in/an der Saugvorrichtung 2 angeordnet sein. Dieser Drucksensor dient ausschließlich zur Erfassung des Umgebungsdrucks für die Bereitstellung des Bezugsnullpunkts für die Messung des Druckverlusts in der Vorrichtung 1 mit dem einzigen Drucksensor 25 für diese Messung dieses Gesamtdruckverlusts. Die Schnittstelle 27 kann mit der Steuer- und Regeleinrichtung 24 leitungsgebunden verbunden sein, wie dies strichliert dargestellt ist, um beispielsweise Messwerte zu übertragen.

Nach einer anderen Ausführungsvariante ist es möglich, dass der Drucksensor 25 zwei Anschlüsse aufweist und diesem damit ein Differenzdrucksensor ist. Mit dieser Ausführung des Drucksensors 25 kann über einen Anschluss der Gesamtunterdruck vor dem Saugelement 23 gemessen werden. Über den zweiten Anschluss kann der Umgebungsdruck (Messpunkt an der Schnittstelle 27) gemessen werden.

Nach einer anderen Ausführungsvariante der Vorrichtung 1 kann auch vorgesehen sein, dass diese, insbesondere die Saugvorrichtung 2, eine Schnittstelle zur drahtlosen Kommunikation mit weiteren Elementen aufweist, beispielsweise mittels WLAN. Dabei kann vorgesehen sein, dass der Messwert für den Bezugsnullpunkt über diese Schnittstelle der Vorrichtung 1 von einer externen Messstelle oder aus dem Internet, etc., zur Verfügung gestellt wird.

Diese Schnittstelle kann auch dazu verwendet werden, um Daten von der Vorrichtung 1, beispielsweise Messdaten oder Daten zu Belegung der Filterelemente 10, an eine externe Stelle zu übertragen, um beispielsweise einen Bestellvorgang für neue Filterelemente 10 anzuregen bzw. anzustoßen.

In der bevorzugten Ausführungsvariante der Vorrichtung 1 weist die Saugvorrichtung 2 zumindest eine Auslassöffnung 28 für das Abströmen des gereinigten gasförmigen Fluids auf. Insbesondere kann diese zumindest eine Auslassöffnung in dem Gehäusemantel 20 der Saugvorrichtung 2 bzw. des Saugmoduls angeordnet sein.

Mit der voranstehend beschriebenen Vorrichtung 1 kann die Saugleistung der Vorrichtung gemäß nachfolgend beschriebenen Verfahren gesteuert bzw. geregelt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren dient zur Bestimmung einer Steuer- und/oder Regelgröße für die Veränderung des Volumenstroms eines gasförmigen Fluids durch die Vorrichtung (1) zur Abtrennung eines Stoffes aus dem gasförmigen Fluid, wobei das Fluid mit zumindest einer ein Antriebselement aufweisenden Saugvorrichtung 2 durch zumindest eine Einlassöffnung des Einlasses 6 der Vorrichtung 1 angesaugt und in einer Strömungsrichtung durch das zumindest eine Filterelement 10 gesaugt wird, wobei das Filterelement 10 in der Strömungsrichtung vor der Saugvorrichtung 2 angeordnet ist.

Zur Durchführung des Verfahrens wird eine Mutterkurve 28 (auch als Eichkurve bezeichnenbar) der Saugvorrichtung 2 festgelegt, die die Abhängigkeit des Volumenstroms V_M an gasförmigem Fluid vom Fluiddruck p_M in der Saugvorrichtung wiedergibt. In Fig. 4 ist dazu ein Kennlinienfeld für ein Saugelement 23 wiedergegeben. Dabei sind auf der Abszisse der Druck in Pa und auf der Ordinate der Volumenstrom in m^3/h angegeben.

Die Werte für die Mutterkurve 28 können aus Herstellerangaben stammen und in einem elektronischen Speicherelement der Saugvorrichtung 2 hinterlegt sein. Bevorzugt wird die Mutterkurve der Saugvorrichtung jedoch mit der Formel

$$V_M = A \times p_M^5 + B \times p_M^4 + C \times p_M^3 + D \times p_M^2 + E \times p_M^1 + F \times p_M^0,$$

berechnet. p_M ist der Druck/Unterdruck, den die Saugvorrichtung 2 bei einer definierten Steuerspannung, im Beispiel nach Fig. 4 8,5 V, erzeugt. A, B, C, D, E und F sind Koeffizienten, die vorab bestimmt werden. Dazu wird die Kennlinie der jeweiligen Saugvorrichtung 2 gemessen und/oder kann diese vom Lieferanten der Saugvorrichtung 2 zur Verfügung gestellt werden. Die Funktionsgleichung kann mittels bekannter Punkte bestimmt werden. Beispielsweise können diese Koeffizienten mit der in der Versuchsanlage eingesetzten Saugvorrichtung 2 die Werte $A = 8,7852E-16$, $B = 1,2035E-11$, $C = -5,9452E-08$, $D = 1,0688E-04$, $E = -6,8520E-02$, $F = 738,00845$ aufweisen.

Die Mutterkurve 28 in Fig. 4 wurde mit diesen Werten für die Koeffizienten erstellt. Die Druckwerte können mit der nachfolgend angegebenen Geradengleichung berechnet werden. Die Druckwerte können auch aus Messungen bezogen werden, die insbesondere mit geeichten Messgeräten vorgenommen werden, wie dies beispielsweise auch Hersteller von Saugvorrichtungen 2 durchführen.

Gemäß dieser Ausführungsvariante wird ein Polynom 5. Grades verwendet, da dabei der quadratische Fehler (Abweichung zw. Messung und Polynom) am kleinsten ist. Es kann aber auch ein Polynom 2., 3., 4. bzw. 6. Ordnung eingesetzt werden, bzw. können auch andere Polynome herangezogen werden, wie beispielsweise ein Newton-Polynom oder ein Lagrange-Polynom. Generell kann eine Polynominterpolation zur Bestimmung der Mutterkurve herangezogen werden.

Mit der Mutterkurve wird eine Kurvenfunktion bzw. eine Gleichung bereitgestellt, auf der die tatsächlichen Messwerte liegen oder zu der die tatsächlichen Messwerte möglichst nahe liegen. Die tatsächlichen Messwerte werden für eine definierte Steuerspannung, beispielsweise die genannte Steuerspannung von 8,5 V bzw. jene Steuerspannung bis zu der die Saugvorrichtung 2 die Drehzahl konstant halten kann, gemessen, insbesondere mit geeichten Messgeräten. Diese Messwerte werden der Berechnung der Mutterkurve bzw. der Polynominterpolation zu Grunde gelegt. Als Messwerte werden jeweils Datenpaare ermittelt, nämlich der zu einem definierten Druckverlust der Saugvorrichtung 2 zugehörige Volumenstrom (entsprechend der Darstellung in Fig. 4). Es können zwei, drei, vier, fünf, sechs oder mehr Messwertpaare der Berechnung der Mutterkurve zu Grunde gelegt werden. Beispielsweise können Messwerte in 50-er Schritten des Volumenstroms generiert werden.

Weiter wird mit dem Drucksensor 25 der Ist-Wert p_l Gesamtdruckverlust in der Vorrichtung 1 bis zur Saugvorrichtung 2 bzw. dem Saugmodul, der den Gesamtwiderstand (Strömungswiderstand) der Vorrichtung wiedergibt, gemessen. Der Gesamtdruckverlust wird als Druck an sich gemessen. Dieser entspricht aber dem Gesamtdruckverlust, da sich je nach Gesamtdruckverlust der Wert für den gemessenen Druck ändert.

Für die Durchführung des Verfahrens wird weiter die Steuerspannung zum Zeitpunkt der der Messung des Gesamtdruckverlustes der Vorrichtung mit dem Drucksensor 25 bestimmt, die vom voranstehend genannten Regler der Saugvorrichtung 2, also bevorzugt dem PI-Regler für die Drehzahlregelung des Antriebselements für das Saugelement 23, ausgegeben wird.

Die Steuerspannung ist proportional zur Drehzahl des Antriebselementes für das Saugelement 23 der Saugvorrichtung 2. In Fig. 5 ist die Beziehung grafisch dargestellt. Auf der Abszisse sind dabei die Steuerspannung in V und auf der Ordinate die Drehzahl in U/min aufgetragen. Wie zu ersehen ist, handelt sich dabei im Wesentlichen um eine Geradengleichung $n_1 = k \times \text{Steuerspannung} - z$, wobei k die Steigung der Kennlinie und z eine Verschiebungskonstante bedeuten. Im konkreten Beispiel der Fig. 5 sind $k = 2468,2$ und $z = 2372$. Diese Werte bzw. die Funktion kann für die jeweilig verwendete Saugvorrichtung berechnet bzw. bestimmt werden, indem zum Beispiel die Drehzahl bei verschiedenen Steuerspannungen gemessen wird und für diese somit bekannten Werte/Punkte die zugrundeliegende Kurve ermittelt wird.

Anhand dieser Geradengleichung kann von der Steuerspannung auf die aktuelle Ist-Drehzahl des Antriebselements für das Saugelement 23 (zum Zeitpunkt der Druckmessung) rückgeschlossen werden.

Vorzugsweise wird diese Geradengleichung ausschließlich in jenem Bereich der Saugeinrichtung 2 angewandt wird, deren untere Grenze n_{uG} durch den Wert der Steuerspannung definiert ist, bei der die Saugvorrichtung anspricht, d.h. das Antriebselement das Saugelement 23 zu drehen beginnt, und deren obere Grenze n_{oG} durch den Wert der Steuerspannung definiert ist, die der maximalen Drehzahl der Antriebsvorrichtung entspricht, d.h. ab der eine weitere Erhöhung der Steuerspannung keine weitere Erhöhung der Drehzahl bewirkt. Für das konkrete Beispiel beginnt liegt die Untergrenze n_{uG} bei ca. 1,8 V und die Obergrenze n_{oG} bei ca. 9,5 V. Diese Werte sind abhängig vom eingesetzten Saugelement 23 bzw. der in der Vorrichtung 1 eingesetzten Turbine. Die Geradengleichung an sich hat aber allgemeinen Charakter.

Aus dem Ist-Wert des Gesamtdruckverlustes p_i der Vorrichtung 1 wird der zugehörigen Druckverlust der Mutterkurve p_M bei der vom Regler der Saugvorrichtung ausgegebenen Steuerspannung zum Zeitpunkt der Messung des Gesamtdruckverlustes der Vorrichtung 1 mit der Formel

$$p_M = (n_M/n_i)^2 \times p_i$$

berechnet, wobei n_M die Drehzahl des Antriebselements bei einer der Mutterkurve entsprechenden Steuerspannung bedeutet, insbesondere berechnet mit der voranstehend wiedergegebenen Geradengleichung und/oder als Zahlenwert in einem elektronischen Speicherelement der Vorrichtung 1 zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid hinterlegt.

Aus diesem Wert des Volumenstroms der Mutterkurve bei der Steuerspannung der Mutterkurve wird mit der Formel $V_i = (n_i/n_M) \times V_M$ der Ist-Wert des Volumenstroms V_i bei der vom Regler ausgegebenen Steuerspannung berechnet.

In weiterer Folge wird der Ist-Wertes des Volumenstroms V_i mit einem Soll-Wert des Volumenstroms bei dieser Steuerspannung verglichen und gegebenenfalls eine Änderung der Steuerspannung zur Änderung der Drehzahl des Antriebselements des Saugelements 23 und/oder zur Änderung des Gesamtdruckverlustes der Vorrichtung 1 vorgenommen, um den Ist-Wert an den Soll-Wert des Volumenstroms anzugleichen.

Es sei darauf hingewiesen, dass „der Soll-Wert des Volumenstroms bei dieser Steuerspannung“ nicht der Soll-Wert für den Volumenstrom ist, der vom Bediener am Gerät eingegeben bzw. vordefiniert wird.

In Fig. 4 ist beispielhaft die Änderung des Betriebspunktes entlang einer Betriebspunktkurve 29 dargestellt. Die Kennlinien unterhalb der Mutterkurve 28 sind die entsprechenden Kennlinien für eine Steuerspannung von 6,5 V, berechnet aus der Mutterkurve bei 8,5 V nach der Formel

$$V_M = A \times p_M^5 + B \times p_M^4 + C \times p_M^3 + D \times p_M^2 + E \times p_M^1 + F \times p_M^0,$$

(Kennlinie 30), für eine Steuerspannung von 7,0 V, berechnet aus der Mutterkurve bei 8,5 V (Kennlinie 32), für eine Steuerspannung von 7,5 V, berechnet aus der

Mutterkurve bei 8,5 V (Kennlinie 33) und für eine Steuerspannung von 8,0 V, berechnet aus der Mutterkurve bei 8,5 V (Kennlinie 33).

Gemäß einer Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass der Ist-Wert des Volumenstroms bei einer erfassten Steuerspannung, die der Regler ausgibt, mit der Formel

$$V_I = V_M \sqrt{(P_M/P_I)}$$

in einem Schritt berechnet wird. $\sqrt{\quad}$ bedeutet darin die Quadratwurzel.

Bevorzugt wird nach einer Ausführungsvariante des Verfahrens die Mutterkurve bei der maximalen Steuerspannung definiert, bei der die Drehzahl der Antriebseinrichtung in Abhängigkeit vom Gesamtdruckverlustes p_l der Vorrichtung konstant gehalten werden kann. In der beschriebenen Ausführungsvariante sind dies 8,5 V, wobei dieser Wert von der eingesetzten Saugvorrichtung 2 abhängig ist. Mit „konstant gehalten werden kann“ ist dabei gemeint, dass die Drehzahl der Antriebseinrichtung entlang der Kurve, also beispielsweise der Mutterkurve 28, konstant gehalten werden kann, also die Regelung bzw. Steuerung der Saugvorrichtung 2 in der Lage ist, bei auftretenden Änderungen im Volumenstrom oder im Druckverlust die Drehzahl konstant zu halten.

Für Steuerspannung die größer sind als jene der Mutterkurve, d.h. für eine Drehzahl ab der Drehzahl, bis zu der diese konstant gehalten werden kann, wird vorzugsweise eine zweite Mutterkurve festgelegt.

Weiter wird vorzugsweise gemäß einer Ausführungsvariante des Verfahrens für einen Bereich mit einer unteren Grenze der Steuerspannung, ab der Volumenstrom an gasförmigen Fluid durch die Vorrichtung 1 durch eine Drehzahländerung um maximal 1 % erhöht werden kann, eine dritte Mutterkurve festgelegt wird, die entsprechend der Formel

$$V_M = A \times p_M^5 + B \times p_M^4 + C \times p_M^3 + D \times p_M^2 + E \times p_M^1 + F \times p_M^0,$$

berechnet wird, wobei die Steuerspannung größer ist als die Steuerspannung der zweiten Mutterkurve, und die an die Steuerspannung der zweiten Mutterkurve anschließende nächste halbe oder ganze Zahl ist. Mit anderen Worten ausgedrückt wird beispielsweise bei einer Steuerspannung von 8,3 V eine Mutterkurve für eine

Steuerspannung von 8,5 V oder bei einer Steuerspannung von 8,7 V eine Mutterkurve für eine Steuerspannung von 9V als dritte Mutterkurve verwendet. Dies ist darin begründet, dass an der oberen Leistungsgrenze der Saugvorrichtung 2 die maximale Leistung des jeweiligen Antriebselements des Saugelements 23 anliegen soll. Diese ist beispielsweise bei einer Steuerspannung von 9,5 V für das Beispiels nach Fig. 5 gegeben, ab der eine Drehzahländerung zu keiner weiteren Leistungssteuerung führt.

Falls eine Saugvorrichtung 2 eingesetzt wird, die über den gesamten Bereich der Steuerspannung, also z.B. von 0 V bis 10 V, die Drehzahl konstant halten kann, ist es auch möglich, dass nur eine Mutterkurve, also beispielsweise die Mutterkurve 28, in der Vorrichtung 1 hinterlegt wird, wenngleich auch in diesem Fall die Hinterlegung mehrerer Mutterkurven (wie beschrieben) von Vorteil ist.

Die Verfahrensschritte können in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 24 der Saugvorrichtung 2 vorgenommen werden. Dazu kann diese ein elektronisches Speicherelement aufweisen, in dem ein entsprechendes Programm zur Abarbeitung der Schritte des Verfahrens und die Kennlinien hinterlegt/gespeichert sind.

Es ist aber auch möglich, dass ein Teil dieser Berechnungen an eine externe Recheneinheit ausgelagert wird. Die Kommunikation zwischen dieser und der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 24 kann leitungsgebunden oder drahtlos erfolgen. Dies kann von Vorteil sein, wenn an einem Arbeitsplatz die Luft mit mehreren Vorrichtungen 1 gereinigt wird, und diese Vorrichtungen 1 aufeinander abgestimmt werden sollen. Diese Abstimmung kann auch direkt erfolgen, wenn die mehreren Vorrichtungen leitungsgebunden oder drahtlos miteinander kommunizieren können.

Wie in Fig. 3 angedeutet, können Komponenten der Saugvorrichtung 2 zum Austausch bzw. zur Übertragung von Messwerten oder Daten leitungsgebunden oder drahtlos miteinander verbunden sein.

Die Ausführungsbeispiele zeigen bzw. beschreiben mögliche Ausführungsvarianten der Vorrichtung 1 zur Abtrennung eines (Fest)Stoffes aus einem gasförmigen Fluid bzw. eines Verfahrens zum Betreiben dieser Vorrichtung 1 bzw. zur

Bestimmung einer Steuer- und/oder Regelgröße für die Veränderung des Volumenstroms eines gasförmigen Fluids durch eine Vorrichtung 1 zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass auch Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Vorrichtung 1 diese bzw. deren Bestandteile nicht zwingenderweise maßstäblich dargestellt sind.

Bezugszeichenliste

| | | | |
|----|-------------------------|----|-----------------|
| 1 | Vorrichtung | 31 | Kennlinie 7,0 V |
| 2 | Saugvorrichtung | 32 | Kennlinie 7,5 V |
| 3 | Anschlussmodul | 33 | Kennlinie 8,0 V |
| 4 | Filtermodul | | |
| 5 | Filtermodul | | |
| 6 | Einlass | | |
| 7 | Saugvorrichtungsgehäuse | | |
| 8 | Anschlussmodulgehäuse | | |
| 9 | Gehäuse | | |
| 10 | Filterelement | | |
| 11 | Rahmen | | |
| 12 | Steg | | |
| 13 | Rahmenwand | | |
| 14 | Höhe | | |
| 15 | Stirnfläche | | |
| 16 | Spann-Verschluss | | |
| 17 | Dichtelement | | |
| 18 | Handhabungselement | | |
| 19 | Rad | | |
| 20 | Gehäusemantel | | |
| 21 | Stirnwand | | |
| 22 | Stirnwand | | |
| 23 | Saugelement | | |
| 24 | Regeleinrichtung | | |
| 25 | Drucksensor | | |
| 26 | Messeingang | | |
| 27 | Schnittstelle | | |
| 28 | Mutterkurve | | |
| 29 | Betriebspunktkurve | | |
| 30 | Kennlinie 6,5 V | | |

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Bestimmung einer Steuer- und/oder Regelgröße für die Veränderung des Volumenstroms eines gasförmigen Fluids durch eine Vorrichtung (1) zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid, wobei das Fluid mit zumindest einer ein Antriebselement aufweisenden Saugvorrichtung (2) durch zumindest eine Einlassöffnung der Vorrichtung (1) angesaugt und in einer Strömungsrichtung durch zumindest ein Filterelement (10) gesaugt wird, wobei das Filterelement (10) in der Strömungsrichtung vor der Saugvorrichtung (2) angeordnet wird, umfassend die Schritte:

- a. Festlegung einer Mutterkurve (28) der Saugvorrichtung (2), die die Abhängigkeit des Volumenstroms V_M an gasförmigem Fluid vom Fluiddruck p_M in der Saugvorrichtung (2) wiedergibt;
- b. Messung des Ist-Wertes des Gesamtdruckverlustes p_l der Vorrichtung (1) mit einem Drucksensor (25);
- c. Erfassung einer von einem Regler der Saugvorrichtung (2) ausgegebenen Steuerspannung zum Zeitpunkt der der Messung des Gesamtdruckverlustes der Vorrichtung (1);
- d. Berechnung einer Ist-Drehzahl n_l des Antriebselements der Saugvorrichtung (2) mit der Formel

$$n_l = k \times \text{Steuerspannung} - z,$$

wobei k die Steigung der Kennlinie und z eine Verschiebungskonstante bedeuten,

- e. Berechnung des zum gemessenen Ist-Wert des Gesamtdruckverlustes p_l der Vorrichtung (1) zugehörigen Druckverlustes der Mutterkurve p_M bei der vom Regler der Saugvorrichtung (2) ausgegebenen Steuerspannung zum Zeitpunkt der Messung des Gesamtdruckverlustes der Vorrichtung (1) mit der Formel

$$p_M = (n_M/n_l)^2 \times p_l$$

wobei n_M die Drehzahl des Antriebselements bei einer der Mutterkurve (28) entsprechenden Steuerspannung bedeutet, berechnet mit der unter Punkt d. wiedergegebenen Formel und/oder als Zahlenwert in einem

elektronischen Speicherelement der Vorrichtung (1) zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid hinterlegt;

- f. Berechnung des Volumenstroms V_M der Mutterkurve (28) beim Druckverlust der Mutterkurve (28) p_M ;
- g. Berechnung des Ist-Wertes des Volumenstroms V_I bei der vom Regler ausgegebenen Steuerspannung mit der Formel;

$$V_I = (n_I/n_M) \times V_M$$

- h. Vergleich des Ist-Wertes des Volumenstroms V_I mit einem Soll-Wert des Volumenstroms;
- i. Gegebenenfalls Änderung der Steuerspannung zur Änderung der Drehzahl der Saugvorrichtung (2) und/oder zur Änderung des Gesamtdruckverlusts der Vorrichtung (1).

2. Verfahren nach Anspruche 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mutterkurve (28) der Saugvorrichtung (2) mit der Formel

$$V_M = A \times p_M^5 + B \times p_M^4 + C \times p_M^3 + D \times p_M^2 + E \times p_M^1 + F \times p_M^0,$$

wobei A, B, C, D, E und F Koeffizienten sind und p_M den Druck, den die Saugvorrichtung (2) bei einer definierten Steuerspannung erzeugt, bedeuten.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte e. und f. in einem Schritt mit der Formel

$$V_I = V_M/\sqrt{(P_M/P_I)}$$

kombiniert werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Mutterkurve (28) bei der maximalen Steuerspannung definiert wird, bis zu der die Drehzahl des Antriebselements in Abhängigkeit vom Gesamtdruckverlustes p_I der Vorrichtung (1) konstant gehalten werden kann.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Formel

$$n_I = k \times \text{Steuerspannung} - z$$

ausschließlich in jenem Bereich der Saugeinrichtung (2) angewandt wird, deren untere Grenze n_{UG} durch den Wert der Steuerspannung definiert ist, bei der die Saugvorrichtung anspricht, und deren obere Grenze n_{oG} durch den Wert der Steuerspannung definiert ist, die der maximalen Drehzahl des Antriebselements entspricht.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Drehzahl ab der Drehzahl, bis zu der diese konstant gehalten werden kann, eine zweite Mutterkurve festgelegt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass für einen Bereich mit einer unteren Grenze der Steuerspannung, ab der Volumenstrom an gasförmigen Fluid durch die Vorrichtung (1) durch eine Drehzahländerung um maximal 1 % erhöht werden kann, eine dritte Mutterkurve festgelegt wird, die entsprechend der Formel in Anspruch 2 berechnet wird, wobei die Steuerspannung größer ist als die Steuerspannung der zweiten Mutterkurve, und die an die Steuerspannung der zweiten Mutterkurve anschließende nächste halbe oder ganze Zahl ist.

8. Vorrichtung (1) zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid, umfassend ein Filterelement (10) oder in einer vorgesehenen Strömungsrichtung des gasförmigen Fluids durch die Vorrichtung (1) mehrere hintereinander angeordnete Filterelemente (10), und zumindest eine Saugvorrichtung (2), die zumindest ein Saugelement (23) mit zumindest einem Antriebselement und zumindest einen Regler zur Einstellung einer Steuer- und/oder Regelgröße für die Veränderung des Volumenstroms des gasförmigen Fluids durch die Vorrichtung (1) aufweist, sowie mit einem Drucksensor (25) zur Messung eines Druckverlusts in der Vorrichtung (1), dadurch gekennzeichnet, dass ausschließlich ein Drucksensor (25) zur Messung eines Druckverlusts in der Vorrichtung (1) vorgesehen ist, der zwischen der Saugvorrichtung (2) und dem Filterelement (10) oder dem der Saugvorrichtung (2) am nächsten angeordneten Filterelement (10) der mehreren Filterelemente (10) angeordnet ist.

9. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (10) oder jedes der mehreren Filterelemente (10) einen Rahmen (11) aufweist, der einen Teil eines Gehäuses (9) der Vorrichtung (1) bildet.
10. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass jedes der Filterelemente (10) ein Filtermodul (4, 5) bildet.
11. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Saugvorrichtung (2) ein Saugmodul bildet.
12. Vorrichtung (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Saugmodul an einer dem Filtermodul (4) oder den Filtermodulen (4, 5) zugewandten Oberfläche ein Messeingang (26) für den Drucksensor (25) angeordnet ist.
13. Vorrichtung (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Drucksensor (25) ein Unterdrucksensor oder ein Differenzdrucksensor ist.
14. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Saugmodul an einer Seitenfläche oder einer Unterseite eine Schnittstelle (27) zur Messung des Umgebungsdrucks angeordnet ist.
15. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass diese eine Datenverarbeitungseinrichtung aufweist, die ein elektronisches Speichermodul aufweist, in dem ein Programm zur Berechnung des Istwertes des Volumenstroms V_I bei der vom Regler ausgegebenen Steuerspannung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 hinterlegt ist.

Fig.1

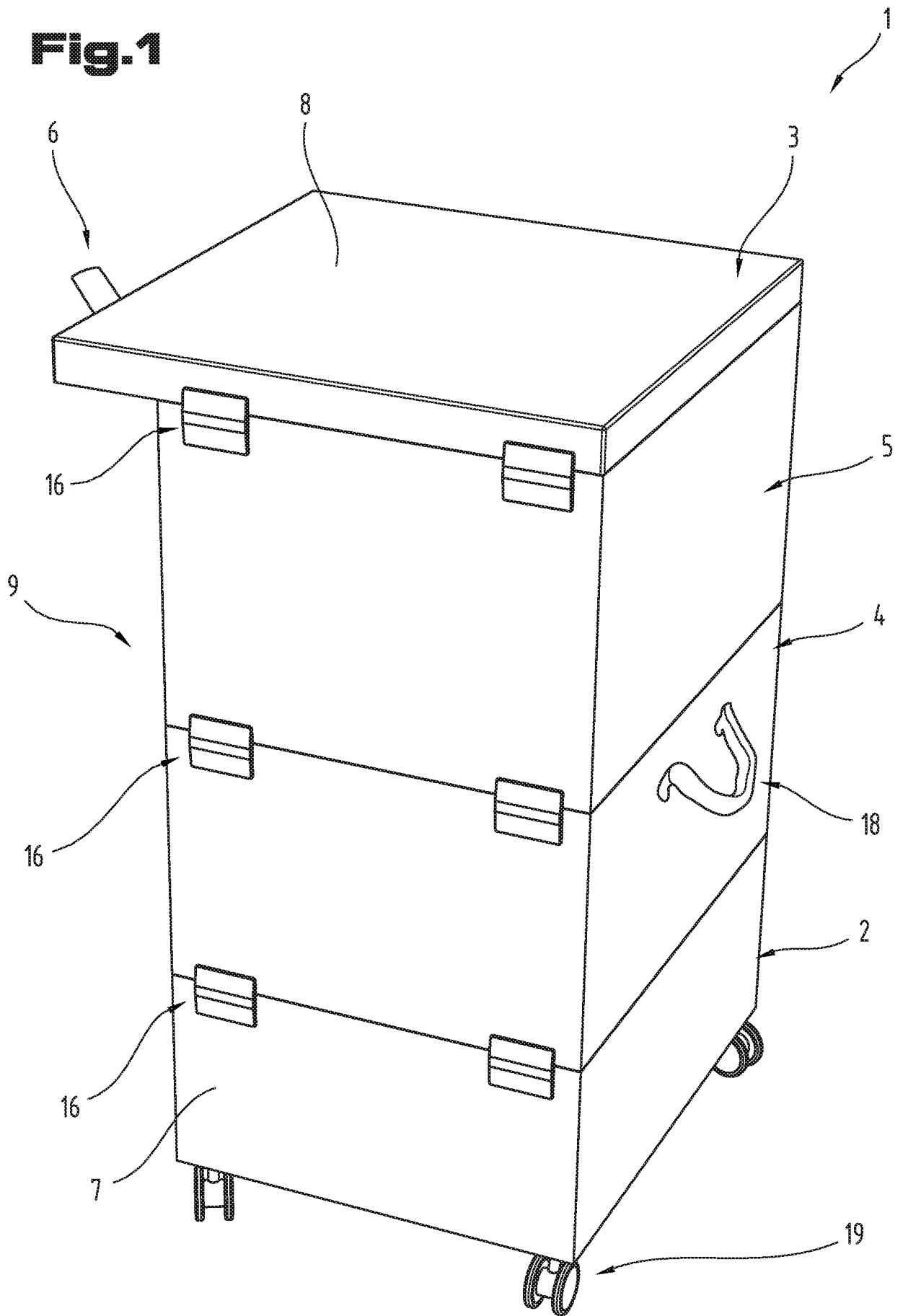


Fig.2

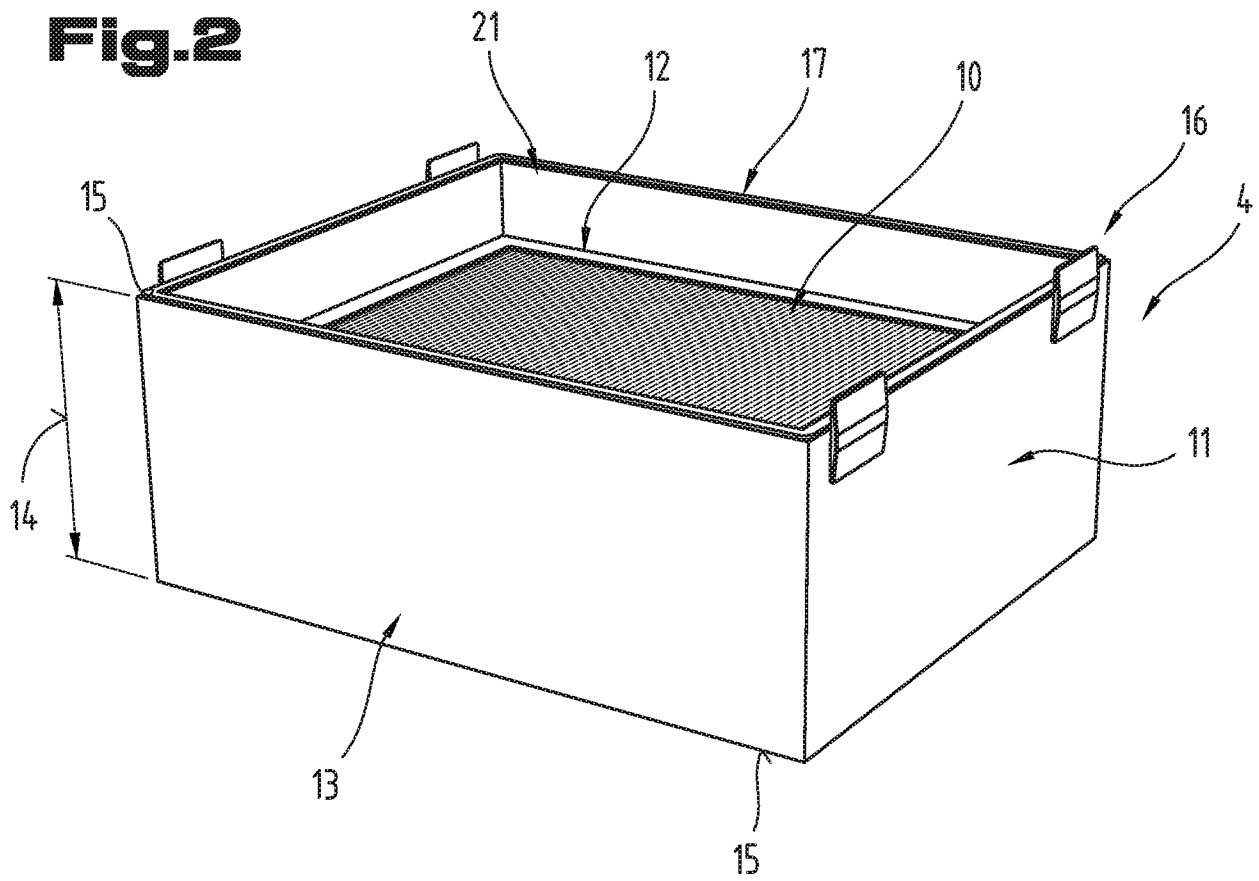


Fig.3

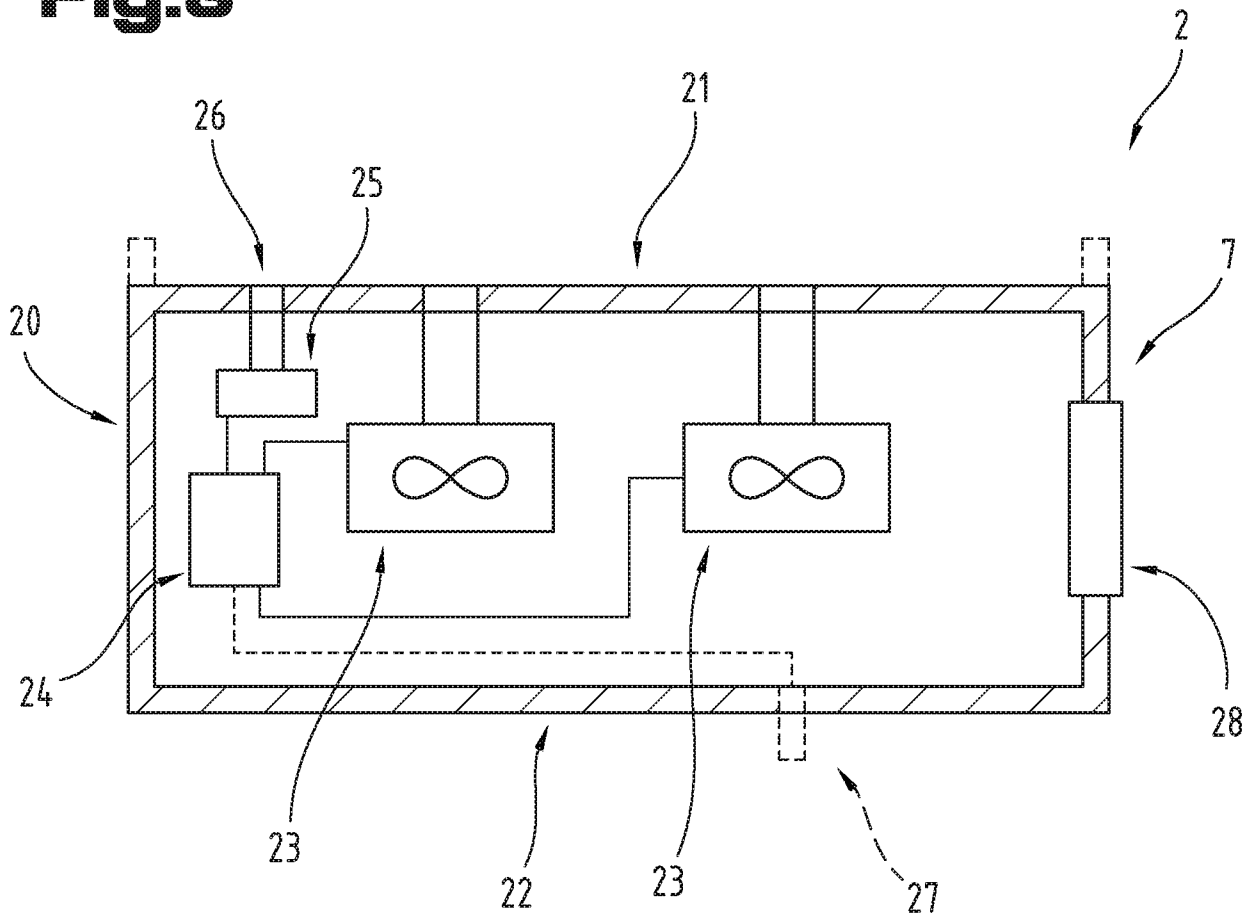


Fig.4

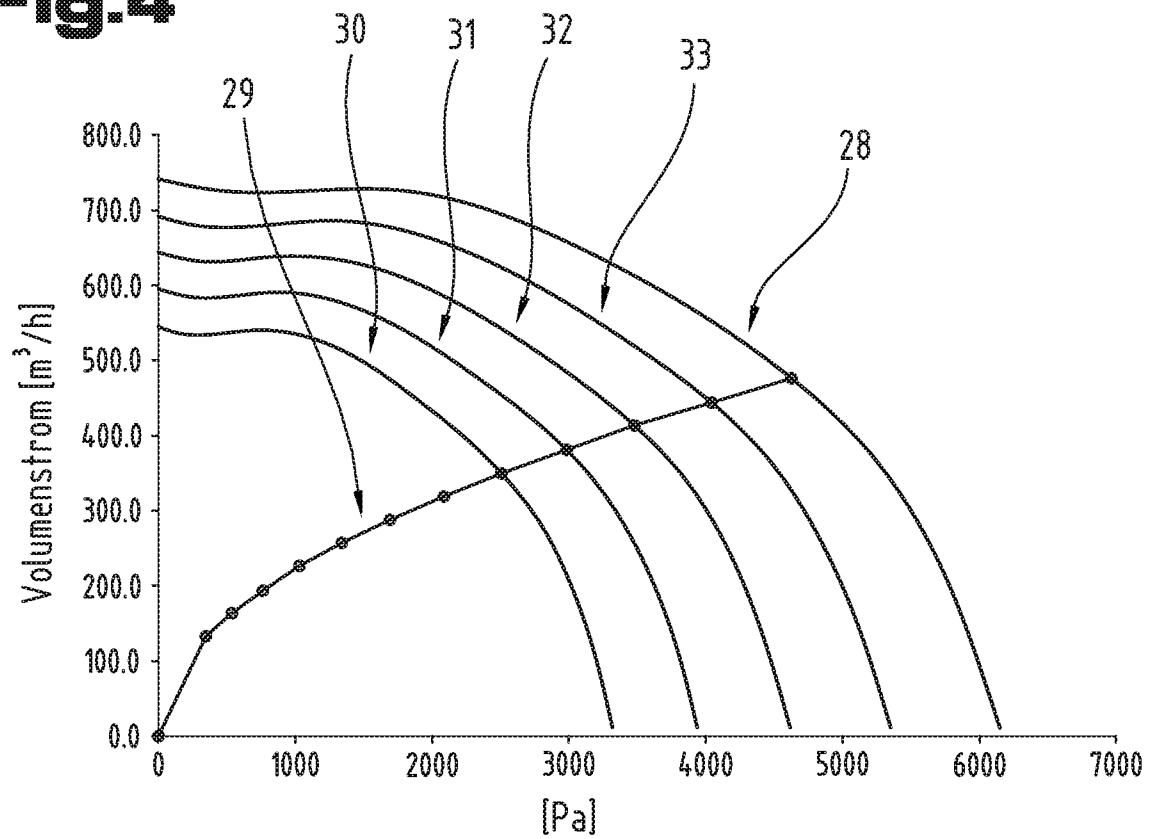
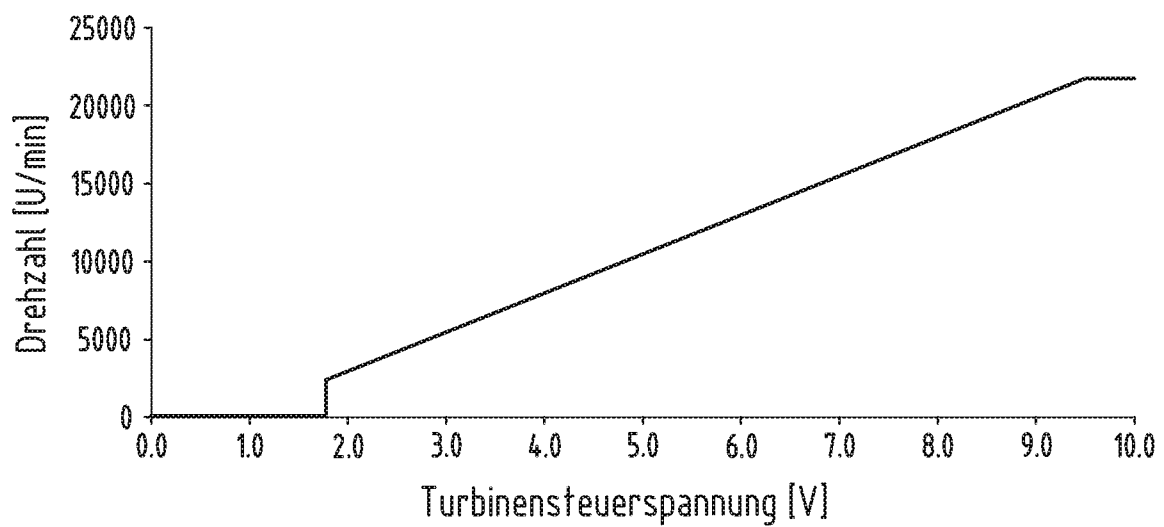


Fig.5



Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Steuer- und/oder Regelgröße für die Veränderung des Volumenstroms eines gasförmigen Fluids durch eine Vorrichtung (1) zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid, wobei das Fluid mit zumindest einer ein Antriebselement aufweisenden Saugvorrichtung (2) durch zumindest eine Einlassöffnung der Vorrichtung (1) angesaugt und in einer Strömungsrichtung durch zumindest ein Filterelement (10) gesaugt wird, wobei das Filterelement (10) in der Strömungsrichtung vor der Saugvorrichtung (2) angeordnet wird, umfassend die Schritte:

- a. Festlegung einer Mutterkurve (28) der Saugvorrichtung (2), die die Abhängigkeit des Volumenstroms V_M an gasförmigem Fluid vom Fluiddruck p_M in der Saugvorrichtung (2) wiedergibt;
- b. Messung des Ist-Wertes des Gesamtdruckverlustes p_I der Vorrichtung (1) mit einem Drucksensor (25);
- c. Erfassung einer von einem Regler der Saugvorrichtung (2) ausgegebenen Steuerspannung zum Zeitpunkt der Messung des Gesamtdruckverlustes der Vorrichtung (1);
- d. Berechnung einer Ist-Drehzahl n_I des Antriebselements der Saugvorrichtung (2) mit der Formel

$$n_I = k \times \text{Steuerspannung} - z,$$

wobei k die Steigung der Kennlinie und z eine Verschiebungskonstante bedeuten,

- e. Berechnung des zum gemessenen Ist-Wert des Gesamtdruckverlustes p_I der Vorrichtung (1) zugehörigen Druckverlustes der Mutterkurve p_M bei der vom Regler der Saugvorrichtung (2) ausgegebenen Steuerspannung zum Zeitpunkt der Messung des Gesamtdruckverlustes der Vorrichtung (1) mit der Formel

$$p_M = (n_M/n_I)^2 \times p_I$$

wobei n_M die Drehzahl des Antriebselements bei einer der Mutterkurve (28) entsprechenden Steuerspannung bedeutet, berechnet mit der unter Punkt d. wiedergegebenen Formel und/oder als Zahlenwert in einem

elektronischen Speicherelement der Vorrichtung (1) zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid hinterlegt;

- f. Berechnung des Volumenstroms V_M der Mutterkurve (28) beim Druckverlust der Mutterkurve (28) p_M ;
- g. Berechnung des Ist-Wertes des Volumenstroms V_I bei der vom Regler ausgegebenen Steuerspannung mit der Formel;

$$V_I = (n_I/n_M) \times V_M$$

- h. Vergleich des Ist-Wertes des Volumenstroms V_I mit einem Soll-Wert des Volumenstroms;
- i. Gegebenenfalls Änderung der Steuerspannung zur Änderung der Drehzahl der Saugvorrichtung (2) und/oder zur Änderung des Gesamtdruckverlusts der Vorrichtung (1).

2. Verfahren nach Anspruche 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mutterkurve (28) der Saugvorrichtung (2) mit der Formel

$$V_M = A \times p_M^5 + B \times p_M^4 + C \times p_M^3 + D \times p_M^2 + E \times p_M^1 + F \times p_M^0,$$

berechnet wird, wobei A, B, C, D, E und F Koeffizienten sind und p_M den Druck, den die Saugvorrichtung (2) bei einer definierten Steuerspannung erzeugt, bedeuten.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte e. und f. in einem Schritt mit der Formel

$$V_I = V_M/\sqrt{(P_M/P_I)}$$

kombiniert werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Mutterkurve (28) bei der maximalen Steuerspannung definiert wird, bis zu der die Drehzahl des Antriebselements in Abhängigkeit vom Gesamtdruckverlustes p_I der Vorrichtung (1) konstant gehalten werden kann.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Formel

$$n_I = k \times \text{Steuerspannung} - z$$

ausschließlich in jenem Bereich der Saugvorrichtung (2) angewandt wird, deren untere Grenze n_{UG} durch den Wert der Steuerspannung definiert ist, bei der die Saugvorrichtung anspricht, und deren obere Grenze n_{OG} durch den Wert der Steuerspannung definiert ist, die der maximalen Drehzahl des Antriebselements entspricht.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Drehzahl ab der Drehzahl, bis zu der diese konstant gehalten werden kann, eine zweite Mutterkurve festgelegt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass für einen Bereich mit einer unteren Grenze der Steuerspannung, ab der der Volumenstrom an gasförmigen Fluid durch die Vorrichtung (1) durch eine Drehzahländerung um maximal 1 % erhöht werden kann, eine dritte Mutterkurve festgelegt wird, die entsprechend der Formel in Anspruch 2 berechnet wird, wobei die Steuerspannung größer ist als die Steuerspannung der zweiten Mutterkurve, und die an die Steuerspannung der zweiten Mutterkurve anschließende nächste halbzahlige oder ganzzahlige Steuerspannung ist.

8. Vorrichtung (1) zur Abtrennung eines Stoffes aus einem gasförmigen Fluid, umfassend ein Filterelement (10) oder in einer vorgesehenen Strömungsrichtung des gasförmigen Fluids durch die Vorrichtung (1) mehrere hintereinander angeordnete Filterelemente (10), und zumindest eine Saugvorrichtung (2), die zumindest ein Saugelement (23) mit zumindest einem Antriebselement und zumindest einen Regler zur Einstellung einer Steuer- und/oder Regelgröße für die Veränderung des Volumenstroms des gasförmigen Fluids durch die Vorrichtung (1) aufweist, sowie mit einem Drucksensor (25) zur Messung eines Druckverlusts in der Vorrichtung (1), dadurch gekennzeichnet, dass ausschließlich ein Drucksensor (25) zur Messung eines Druckverlusts in der Vorrichtung (1) vorgesehen ist, der zwischen der Saugvorrichtung (2) und dem Filterelement (10) oder dem der Saugvorrichtung (2) am nächsten angeordneten Filterelement (10) der mehreren

Filterelemente (10) angeordnet ist, und dass die Vorrichtung (1) eine Datenverarbeitungseinrichtung aufweist, die ein elektronisches Speichermodul aufweist, in dem ein Programm zur Berechnung des Ist-Wertes des Volumenstroms V_I bei der vom Regler ausgegebenen Steuerspannung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 hinterlegt ist.

9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (10) oder jedes der mehreren Filterelemente (10) einen Rahmen (11) aufweist, der einen Teil eines Gehäuses (9) der Vorrichtung (1) bildet.

10. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass jedes der Filterelemente (10) ein Filtermodul (4, 5) bildet.

11. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Saugvorrichtung (2) ein Saugmodul bildet.

12. Vorrichtung (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Saugmodul an einer dem Filtermodul (4) oder den Filtermodulen (4, 5) zugewandten Oberfläche ein Messeingang (26) für den Drucksensor (25) angeordnet ist.

13. Vorrichtung (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Drucksensor (25) ein Unterdrucksensor oder ein Differenzdrucksensor ist.

14. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Saugmodul an einer Seitenfläche oder einer Unterseite eine Schnittstelle (27) zur Messung des Umgebungsdrucks angeordnet ist.