



(11) **EP 1 288 504 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**23.05.2007 Patentblatt 2007/21**

(51) Int Cl.:  
**F04F 5/52** <sup>(2006.01)</sup> **F04F 5/46** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **01120843.6**

(22) Anmeldetag: **30.08.2001**

(54) **Vakuumerzeugervorrichtung**

Vacuum generating device

Dispositif pour l'obtention d'un vide

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**05.03.2003 Patentblatt 2003/10**

(73) Patentinhaber: **Festo AG & Co.**  
**73734 Esslingen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Stingel Jürgen**  
**70180 Stuttgart (DE)**  
• **Quendt Volker**  
**72669 Unterensingen (DE)**

(74) Vertreter: **Vetter, Hans et al**  
**Patentanwälte**  
**Magenbauer, Reimold, Vetter & Abel**  
**Ploching Strasse 109**  
**73730 Esslingen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A- 3 818 381** **US-A- 2 874 989**  
**US-A- 4 380 418** **US-A- 5 007 803**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 010, no. 151  
(M-483), 31. Mai 1986 (1986-05-31) -& JP 61 004900  
**A (SHIYOUKETSU KINZOKU KOGYO KK)**, 10.  
Januar 1986 (1986-01-10)

**EP 1 288 504 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vakuumerzeugervorrichtung, mit mindestens einer Ejektoreinrichtung, die eine Strahldüse, eine der Strahldüse nachgeordnete Fangdüse sowie eine im Übergangsbereich zwischen der Strahldüse und der Fangdüse definierte Absaugzone aufweist, wobei am austrittsseitigen Ende der Fangdüse ein Auffangraum für das durch die Fangdüse hindurchströmende Fluid vorgesehen ist, von dem ein Abströmkanal abgeht, und mit Mitteln zur Beeinflussung der Fluidströmung durch den Abströmkanal.

**[0002]** Aus der DE 4302951 C1 geht eine derartige Vakuumerzeugervorrichtung hervor, in deren Gehäuse im Anschluss an das austrittsseitige Ende der Fangdüse ein Auffangraum angeordnet ist, der das aus der Fangdüse austretende Fluid auffängt und aus dem das Fluid über einen sich anschließenden Abströmkanal hindurch zur atmosphärischen Umgebung abströmen kann. Der Auffangraum dient zur Führung eines beweglichen Kolbens, der wahlweise zwischen einer den Abströmkanal freigebenden Offenstellung und einer den Abströmkanal vollständig verschließenden Schließstellung positionierbar ist. Um in der Absaugzone einen Unterdruck zu erhalten, nimmt der Kolben die Offenstellung ein und ermöglicht ein ungehindertes Abströmen des aus der Fangdüse austretenden Fluides. Wird der Kolben in der Schließstellung positioniert, wird das die Fangdüse durchströmende Fluid zur Absaugzone umgelenkt, wo es den Unterdruck abbaut.

**[0003]** Vakuumerzeugervorrichtungen werden häufig zur Handhabung von Gegenständen eingesetzt, wobei ein mit der Absaugzone in Verbindung stehender Absaugkanal zu einem Sauggreifer führt, der an einem handzuhabenden Gegenstand angesetzt werden kann. Um den Gegenstand am Sauggreifer zu fixieren, wird im Absaugkanal ein geeignet hoher Unterdruck erzeugt. Zum neuerlichen Lösen des Gegenstandes wird der Unterdruck wieder abgebaut.

**[0004]** Werden unter Einsatz der bekannten Vakuumerzeugervorrichtung unterschiedliche Gegenstände gehandhabt, beispielsweise sich in Größe und/oder Materialbeschaffenheit und/oder Gewicht voneinander unterscheidende Gegenstände, kann der zum Lösen des Gegenstandes hervorgerufene Unterdruckabbau häufig nicht allen Anforderungen gerecht werden. Unter Umständen wird ein Gegenstand nicht schnell genug gelöst, oder es wird ein Gegenstand mit zu starkem Impuls abgeworfen.

**[0005]** Um dieser Problematik zu begegnen, hat man in der DE 3818381 A1 bereits vorgeschlagen, die Absaugzone über einen eigenständigen Belüftungskanal mit der Umgebung zu verbinden, der durch ein Steuerventil wahlweise freigegeben oder abgesperrt werden kann. Außerdem ist in den Verlauf des Belüftungskanals ein verschiedene Einstellungen ermöglichendes Druckluftdurchsatzregulierungsventil vorgesehen. Der mit dieser Ausgestaltung verbundene bauliche Aufwand ist jedoch

relativ groß.

**[0006]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vakuumerzeugervorrichtung zu schaffen, die mit einfachen Mitteln eine Beeinflussung des in der Absaugzone herrschenden Druckes gestattet.

**[0007]** Gemäß einer möglichen Ausgestaltung der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch Drosselmittel zur variablen Vorgabe des über den Abströmkanal abströmenden Fluid-Volumenstromes zum Zwecke einer Beeinflussung des im Auffangraum herrschenden Druckes.

**[0008]** Als Mittel zur Beeinflussung der Fluidströmung durch den Abströmkanal sind somit Drosselmittel vorgesehen, die eine variable Vorgabe des Fluid-Volumenstromes ermöglichen. Je nach Einstellung ergibt sich in dem dem austrittsseitigen Ende der Fangdüse zugeordneten Auffangraum ein unterschiedlich hoher Druck, der einen mehr oder weniger großen Rückstau des durch die Fangdüse hindurchströmenden Fluides verursacht. Es wurde erkannt, dass durch eine derartige Beeinflussung der die Fangdüse durchsetzenden Fluidströmung je nach Bedarf unterschiedliche Arbeitsdrücke in der Absaugzone bereitgestellt werden können, um beispielsweise einen Unterdruckabbau in Abhängigkeit von der Art der handzuhabenden Gegenstände oder in Abhängigkeit vom Einsatzort variabel durchführen zu können.

**[0009]** Es wurde insbesondere auch erkannt, dass durch die in dem dem Auffangraum nachgeschalteten Abströmkanal erfolgende Drosselung eine sehr präzise Vorgabe des in der Absaugzone herrschenden Arbeitsdruckes möglich ist und dass es hierfür eines nur geringen Strömungsquerschnittes des Abströmkanals bedarf. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, Drosselmittel einzusetzen, die sich durch geringe Abmessungen und geringe Betätigungskräfte und somit auch eine geringe Energieaufnahme auszeichnen.

**[0010]** Diese Erkenntnis liegt auch der weiteren Möglichkeit zur Ausgestaltung der Erfindung zugrunde, gemäß der vorgesehen ist, dass der an der Stelle des engsten Querschnittes des Abströmkanals gemessene Abströmkanal- Nenndurchmesser ( $d_A$ ) zwar größer sein sollte als der an der Stelle des engsten Querschnittes des Strahldüsenkanals gemessene Strahldüsenkanal- Nenndurchmesser ( $d_S$ ), jedoch kleiner ist als der an der Stelle des engsten Querschnittes des Fangdüsenkanals gemessene Fangdüsenkanal- Nenndurchmesser ( $d_F$ ).

**[0011]** Diese Durchmesserabstimmung entfaltet ihre Vorteile im Übrigen auch dann, wenn als Mittel zur Beeinflussung der Fluidströmung durch den Abströmkanal keine Drosselmittel vorgesehen sind, sondern beispielsweise einfache Absperrmittel, die nach Art eines digitalen Verhaltens wahlweise eine maximale Freigabe oder ein vollständiges Verschließen des Abströmkanals ermöglichen.

**[0012]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

**[0013]** Die Drosselmittel können zwar prinzipiell so ausgeführt sein, dass sie eine stufenweise Variation des

Fluid-Volumenstromes gestatten. Als vorteilhafter wird jedoch eine Bauform angesehen, bei der durch die Drosselmittel eine stufenlose Variation des Fluid-Volumenstromes möglich ist, was eine optimale Vorgabe des Arbeitsdruckes in der Absaugzone ermöglicht.

**[0014]** Die Drosselmittel enthalten zweckmäßigerweise ein bezüglich des Abströmkanals in unterschiedlichen Drosselstellungen positionierbares Steuerglied. Das Steuerglied ist insbesondere einer Abströmöffnung des Abströmkanals zugeordnet, die sich an dem dem Auffangraum entgegengesetzten Endbereich des Abströmkanals befindet, also beispielsweise außerhalb des Abströmkanals. Das Steuerglied kann der Abströmöffnung des Abströmkanals gegenüberliegend angeordnet sein.

**[0015]** Eine besonders einfache Variation der Drosselungsintensität ist möglich, wenn das Steuerglied je nach gewählter Drosselstellung mehr oder weniger weit von der Abströmöffnung beabstandet ist.

**[0016]** Zur Definition der Abströmöffnung kann eine Abströmdüse vorgesehen sein, wobei im Falle einer auswechselbaren Anordnung die Möglichkeit besteht, alternativ Abströmdüsen mit unterschiedlichen Querschnittsabmessungen einzusetzen.

**[0017]** Ist das Steuerglied Bestandteil einer in Stetig-Betriebsweise ausgeführten, elektrisch betätigten Stellvorrichtung, kann der gewünschte Volumenstrom und somit der im Auffangraum angestrebte Druck besonders einfach und präzise vorgegeben werden. Bei der Stellvorrichtung handelt es sich zweckmäßigerweise um eine Proportional-Stellvorrichtung. Das Funktionsprinzip der Stellvorrichtung basiert insbesondere auf elektromagnetischen und/oder auf piezoelektrischen Wirkprinzipien.

**[0018]** Vor allem, wenn die Vakuumerzeugervorrichtung für einen Betrieb mit Druckluft als zugehörigem Fluid ausgestattet ist, empfiehlt es sich, den Abströmkanal so auszubilden, dass er zur atmosphärischen Umgebung ausmündet.

**[0019]** Die erfindungsgemäßen Bauformen der Vakuumerzeugervorrichtung schaffen auch die Möglichkeit, den Verlauf des Abströmkanals und die Platzierung der Abströmöffnung ohne besondere Zwänge vorzunehmen. Dadurch kann den baulichen Gegebenheiten der Vakuumerzeugervorrichtung und insbesondere auch den Gegebenheiten am Einsatzort problemlos Rechnung getragen werden. Es besteht insbesondere die Möglichkeit, einen mit Bezug zur Längsrichtung der Fangdüse gleichgerichteten oder auch zur Seite hin abgehenden Verlauf des Abströmkanals zu realisieren. So kann beispielsweise die Abströmöffnung seitlich platziert werden, um die Längenabmessungen der Vakuumerzeugervorrichtung gering zu halten.

**[0020]** Durch Steuerungs- und/oder Regelungsmittel kann eine gesteuerte oder geregelte Vorgabe des in der Absaugzone herrschenden Arbeitsdruckes erfolgen. Beispielsweise kann durch eine entsprechende Regelung erreicht werden, dass ein beliebiger gewünschter Arbeitsdruck vorgegeben werden kann, der unabhängig vom Einsatzort der Vakuumerzeugervorrichtung, bei-

spielsweise unabhängig vom jeweils herrschenden Luftdruck, konstant bereitgestellt werden kann.

**[0021]** Bei der Auslegung der Vakuumerzeugervorrichtung empfiehlt es sich außerdem, die Abmessungen des Auffangraumes so zu wählen, dass eine sich am austrittsseitigen Ende der Fangdüse ausbildende Überschallströmungszone nicht durch die Begrenzungswände des Auffangraumes behindert wird. Dadurch kann ein sehr guter Wirkungsgrad gewährleistet werden.

**[0022]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnung näher erläutert. Die einzige Abbildung zeigt, in schematischer Darstellung, eine bevorzugte Bauform der erfindungsgemäßen Vakuumerzeugervorrichtung, überwiegend im Längsschnitt.

**[0023]** Die in ihrer Gesamtheit mit Bezugsziffer 1 bezeichnete Vakuumerzeugervorrichtung enthält mindestens eine Vakuumerzeugereinheit 2, die mit mindestens einer Ejektoreinrichtung 3 ausgestattet ist, durch die ein Unterdruck erzeugt werden kann.

**[0024]** Die Ejektoreinrichtung 3 ist beim Ausführungsbeispiel in einem Gehäuse 4 der Vakuumerzeugereinheit 2 untergebracht. Sie enthält eine Strahldüse 5 und eine dieser nachgeordnete Fangdüse 6. Strahldüse 5 und Fangdüse 6 sind beim Ausführungsbeispiel eigenständige Komponenten, die aber ohne weiteres auch als Baueinheit ausgeführt sein könnten, beispielsweise als patronenartige Baueinheit.

**[0025]** Die Strahldüse 5 ist von einem Strahldüsenkanal 7 durchsetzt. Durch die Fangdüse 6 hindurch erstreckt sich ein Fangdüsenkanal 8, vorzugsweise in koaxialer Ausrichtung zum Strahldüsenkanal 7.

**[0026]** Im Betrieb der Vakuumerzeugervorrichtung 1 wird in die Ejektoreinrichtung 3 durch die Eintrittsöffnung 12 des Strahldüsenkanals 7 hindurch ein unter einem Speisedruck stehendes Fluid eingespeist. Der Speisedruck kann beispielsweise in der Größenordnung von 5 bar betragen. Bei dem Fluid handelt es sich vorzugsweise um ein gasförmiges Fluid und insbesondere um Druckluft.

**[0027]** Das eingespeiste Fluid durchströmt den Strahldüsenkanal 7, dessen Querschnitt sich in der durch einen Pfeil angedeuteten Strömungsrichtung 13 verringert. Der an der Stelle des engsten Querschnittes 14 gemessene Durchmesser des Strahldüsenkanals 7 sei als Strahldüsenkanal-Nennndurchmesser  $d_s$  bezeichnet.

**[0028]** Nach dem Durchtritt durch den Strahldüsenkanal 7 strömt das Fluid über eine Eintrittsöffnung 15 in den Fangdüsenkanal 8 ein, durchströmt diesen in axialer Richtung und tritt an der entgegengesetzten Seite über die Austrittsöffnung 16 aus dem Fangdüsenkanal 8 aus. Der Fangdüsenkanal 8 hat eine Stelle engsten Querschnittes 17, die der Eintrittsöffnung 15 zugeordnet ist, wobei der dort vorhandene Durchmesser als Fangdüsenkanal-Nennndurchmesser  $d_f$  bezeichnet sei. Beginnend an der Stelle engsten Querschnittes 17 vergrößert sich der Querschnitt des Fangdüsenkanals 8 bis hin zur Austrittsöffnung 16, wobei der dort gemessene Durchmesser als Fangdüsenkanal-Austrittsdurchmesser  $D_1$

bezeichnet sei.

**[0029]** Die Eintrittsöffnung 15 des Fangdüsenkanals 8 ist in der Strömungsrichtung 13 mit Abstand zur Austrittsöffnung 11 des Strahldüsenkanals 7 angeordnet. Auf diese Weise befindet sich im Übergangsbereich zwischen der Strahldüse 5 und der Fangdüse 6 eine als Absaugzone 21 bezeichnete Zone, die mit einem aus dem Gehäuse 4 herausführenden Absaugkanal 22 in Verbindung steht.

**[0030]** Am austrittsseitigen Ende der Fangdüse 6, zweckmäßigerweise unmittelbar im Anschluss an die Austrittsöffnung 16 des Fangdüsenkanals 8, befindet sich im Gehäuse 4 der Vakuumerzeugereinheit 2 ein Auffangraum 23 für das durch die Fangdüse 6 hindurchströmende Fluid. Von diesem geht ein Abströmkanal 24 ab, der die Wandung des Gehäuses 4 durchsetzt und vorzugsweise zur atmosphärischen Umgebung der Vakuumerzeugereinheit 2 ausmündet.

**[0031]** Im Betrieb der Vakuumerzeugervorrichtung 1 ruft das durch die Strahldüse 5 und die sich anschließende Fangdüse 6 hindurchströmende Fluid in der Absaugzone 21 eine Absaugwirkung hervor, so dass dort ein von der Auslegung der Ejektoreinrichtung 3 abhängiges Vakuum erzeugt werden kann. Dieses Vakuum kann am Absaugkanal 22 abgegriffen werden. Beim Ausführungsbeispiel erfolgt der Abgriff durch einen schematisch angedeuteten Sauggreifer 25 unter Zwischenschaltung einer Absaugleitung 26.

**[0032]** Der Sauggreifer 25 enthält beispielsweise einen oder mehrere Saugnäpfe oder Saugplatten mit mindestens einer Saugöffnung 27, wobei er mit dieser Saugöffnung 27 voraus an einen handzuhabenden und beispielsweise anzuhebenden Gegenstand angesetzt werden kann. Durch die Absaugwirkung der Ejektoreinrichtung 3 bildet sich auch im Sauggreifer 25 ein Unterdruck aus, der dazu führt, dass der betreffende Gegenstand anhaftet und zum Beispiel hochgehoben werden kann.

**[0033]** Das aus dem Fangdüsenkanal 8 endseitig austretende Fluid kann in dem sich anschließenden Auffangraum 23 zunächst expandieren und strömt dann, durch den Abströmkanal 24 hindurch, zur Atmosphäre ab.

**[0034]** Dem Abströmkanal 24 sind Mittel zugeordnet, mit denen sich die durch den Abströmkanal 24 hindurch mögliche Fluidströmung beeinflussen lässt. Diese in der Zeichnung in ihrer Allgemeinheit mit Bezugsziffer 28 bezeichneten Beeinflussungsmittel sind bevorzugt als Drosselmittel 29 ausgeführt, mit denen eine variable Vorgabe des über den Abströmkanal 24 abströmenden Fluid-Volumenstromes möglich ist.

**[0035]** Die Drosselung findet zweckmäßigerweise an einer Abströmöffnung 32 statt, die den als Abströmkanal-Nenndurchmesser  $d_A$  bezeichneten engsten Querschnitt des Abströmkanals 22 definiert und die sich zweckmäßigerweise an dem dem Auffangraum 23 entgegengesetzten äußeren Endbereich des Abströmkanals 24 befindet.

**[0036]** Entsprechend der momentan eingestellten Drosselungsintensität ergibt sich innerhalb des Auffan-

graumes 23 ein variabler Abströmdruck. Die Höhe des Abströmdruckes wirkt sich auf die Fluidströmung im Fangdüsenkanal 8 aus, indem er mit zunehmender Höhe einen größer werdenden Rückstau der Fluidströmung im Fangdüsenkanal 8 hervorruft. Dadurch reduziert sich der Durchsatz durch den Fangdüsenkanal 8 und folglich auch der in der Absaugzone 21 momentan herrschende Arbeitsdruck.

**[0037]** Geht man von einer durch die Drosselmittel 29 geringstmöglich beeinflussten Fluidströmung durch den Ausströmkanal 24 aus, stellt sich in der Absaugzone 21 ein Arbeitsdruck ein, der dem maximal erzielbaren Unterdruck entspricht. Es besteht dann die Möglichkeit, einen handzuhabenden Gegenstand in der schon erwähnten Weise mit dem Sauggreifer 25 aufzunehmen.

**[0038]** Um den erfassten Gegenstand wieder abzulegen, wird der im Sauggreifer 25 herrschende Arbeitsdruck erhöht. Diese Druckerhöhung kann durch entsprechende Betätigung der Drosselmittel 29 hervorgerufen werden. Der Arbeitsdruck maximaler Höhe stellt sich ein, wenn durch die Drosselmittel 29, vergleichbar einem Absperrventil, die Abströmöffnung 32 und somit der Abströmkanal 24 komplett verschlossen wird. Die gesamte über die Strahldüse 5 einströmende Fluidmenge wird dann über die Absaugzone 21 zum Sauggreifer 25 geleitet. Dort stellt sich ein Überdruck-Fluidimpuls ein, der ein Abwerfen des bis dahin noch anhaftenden Gegenstandes bewirkt.

**[0039]** Durch die variable Einstellung der Drosselmittel 29 besteht darüber hinaus die Möglichkeit, den Abströmdruck zwischen dem bei minimaler Drosselwirkung herrschenden minimalen Druckwert und dem bei komplett abgesperrtem Abströmkanal 24 herrschenden maximalen Druckwert variabel einzustellen. Dies geschieht einfach durch entsprechende Drosselung des durch den Abströmkanal 24 ausströmenden Fluides. Man hat dadurch die Möglichkeit, den in der Absaugzone 21 herrschenden Arbeitsdruck variabel nach Bedarf vorzugeben und insbesondere die zum Ablegen eines vom Sauggreifer 25 angehobenen Gegenstandes erforderliche Druckerhöhung auf einen optimalen Wert einzustellen. Auf diese Weise kann beispielsweise der Größe und dem Gewicht der handzuhabenden Gegenstände Rechnung getragen werden. Man kann verhindern, dass ein relativ leichter Gegenstand, beispielsweise eine Leiterplatte, zu stark abgeworfen wird, und mithin eine sanfte Handhabung der Gegenstände möglich ist.

**[0040]** Die Drosselmittel 29 enthalten beim Ausführungsbeispiel ein bezüglich des Abströmkanals 24 in unterschiedlichen Drosselstellungen positionierbares Steuerglied 33. Durch die Positionierbarkeit lässt sich insbesondere die Relativposition zwischen dem Steuerglied 33 und der am äußeren Ende des Abströmkanals 24 liegenden Abströmöffnung 32 variieren.

**[0041]** Das Steuerglied 33 liegt der Abströmöffnung 32 zweckmäßigerweise in der durch einen Pfeil angedeuteten Ausströmrichtung 34 unmittelbar gegenüber. Je nach gewählter Drosselstellung ergibt sich hier ein mehr oder

weniger großer Abstand des Steuergliedes 33 von der Abströmöffnung 32. Das Steuerglied fungiert quasi als Rückstauglied.

**[0042]** Das Ausführungsbeispiel zeigt eine Bauweise, bei der das Steuerglied 33 vom Piezo-Biegeelement einer auf piezoelektrischem Funktionsprinzip basierenden Stellvorrichtung 35 gebildet ist. Entsprechend der an das Steuerglied 33 angelegten Spannung ergibt sich ein mehr oder weniger großer Biegeausschlag, wobei das Steuerglied 33 vorzugsweise stufenlos in jeder beliebigen Position zwischen zwei Extrempositionen positionierbar ist. Die eine Extremposition geht aus der Zeichnung hervor, hier ist das Steuerglied 33 maximal von der Ausströmöffnung 32 beabstandet und beeinflusst das ausströmende Fluid nicht oder nur in geringem Maße. In der anderen Extremposition ist das Steuerglied 33 so weit ausgelenkt, dass es die Abströmöffnung 32 vollständig überdeckt, wobei die Abströmöffnung 32 bei Bedarf von einem Ventilsitz umschlossen sein kann, um eine zuverlässige Abdichtung zu gewährleisten.

**[0043]** Es ist von Vorteil, wenn die Abströmöffnung 32 von einer Abströmdüse 36 definiert ist. Diese Abströmdüse 36 ist zweckmäßigerweise ein bezüglich des Gehäuses 4 separates Bauteil und ist insbesondere auswechselbar an dem Gehäuse 4 befestigt.

**[0044]** Bei auswechselbarer Anordnung der Abströmdüse 36 kann die Vakuumerzeugereinheit 2 nach Bedarf wahlweise mit Abströmdüsen 36 unterschiedlicher Abströmkanal-Neendurchmesser  $d_A$  ausgestattet werden, um eine gewisse Anpassung an die mögliche Vakuumeistung der Ejektoreinrichtung 3 vornehmen zu können.

**[0045]** Beim Ausführungsbeispiel enthält der Abströmkanal 24 einen das Gehäuse 4 durchsetzenden inneren Kanalabschnitt, der innen zum Auffangraum 23 ausmündet und auf dessen äußeres Ende die Abströmdüse 36 aufsetzbar ist, die einen äußeren Kanalabschnitt einschließlich der Abströmöffnung 32 des Abströmkanals 24 definiert. Indem der innere Kanalabschnitt mit möglichst großem Querschnitt ausgeführt wird, kann durch bloßen Austausch der Abströmdüse 36 der zur Verfügung stehende maximale Abströmquerschnitt nach Bedarf vorgegeben werden.

**[0046]** Überraschend hat sich herausgestellt, dass die Funktionsweise der Vakuumerzeugereinheit 2 nicht beeinträchtigt wird, selbst wenn der Abströmkanal-Neendurchmesser  $d_A$  erheblich geringer ist als der Fangdüsenkanal-Austrittsdurchmesser  $D_1$ . Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, die Abströmöffnung 32 ohne Leistungseinbußen mit relativ geringem Querschnitt auszubilden, was dann weiter zur Folge hat, dass die Drosselmittel 29 und insbesondere das Steuerglied 33 kleiner, leichter und billiger ausgelegt werden können. Dies gilt im Übrigen nicht nur für piezoelektrische Stellvorrichtungen, sondern auch für auf anderen Funktionsprinzipien basierende Stellvorrichtungen, beispielsweise solche mit elektromagnetischem Funktionsprinzip.

**[0047]** Um die geschilderte stufenlose Einstellung des Fluid-Volumenstromes durch den Abströmkanal 24 vor-

nehmen zu können, ist die Stellvorrichtung 35 zweckmäßigerweise in Stetig-Betriebsweise ausgeführt. Beim Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine Proportional-Stellvorrichtung, bei der sich die Auslenkung des Steuergliedes 33 proportional zur angelegten Ansteuerungsspannung ändert.

**[0048]** Beim Ausführungsbeispiel ist der Abströmkanal-Neendurchmesser  $d_A$  so ausgeführt, dass er zum einen größer ist als der Strahldüsenkanal-Neendurchmesser  $d_S$  und zum anderen kleiner ist als der Fangdüsenkanal-Neendurchmesser  $d_F$ .

**[0049]** Zweckmäßigerweise ist der Abströmkanal-Neendurchmesser  $d_A$  nur geringfügig größer als der Strahldüsenkanal-Neendurchmesser  $d_S$ .

**[0050]** Jedenfalls hat man die Möglichkeit, den Abströmkanal-Neendurchmesser  $d_A$  vom Fangdüsenkanal-Austrittsdurchmesser  $D_1$  zu entkoppeln. Man kann somit eine wesentlich kleinere Ausströmöffnung steuern als dies der Fall wäre, wenn man die Drosselung der Strömung unmittelbar im Bereich des Fangdüsenkanal-Austrittsdurchmessers  $D_1$  vornehmen würde.

**[0051]** Im Übrigen wird der Abströmkanal-Neendurchmesser  $d_A$  zweckmäßigerweise wesentlich kleiner gewählt als der Fangdüsenkanal-Neendurchmesser  $d_F$ .

**[0052]** Der Fangdüsenkanal-Austrittsdurchmesser  $D_1$  ist zweckmäßigerweise unter allen Umständen größer als die drei oben erwähnten Neendurchmesser  $d_S$ ,  $d_F$  oder  $d_A$ .

**[0053]** Durch die Entkoppelung der Abströmöffnung 32 von der Fangdüse 6 ergibt sich ferner die Möglichkeit, den Verlauf des Abströmkanals 24 und die Platzierung der Abströmöffnung 32 praktisch ohne Einschränkung zu wählen. Ist eine schlanke Bauweise gewünscht, kann der Abströmkanal, bezogen auf die Längsrichtung der Fangdüse 6, beispielsweise gleichgerichtet abgehen. Ist eher eine kurze Bauweise angestrebt, kann der Abströmkanal 24, beispielsweise wie in der Zeichnung abgebildet, zur Seite hin abgehen und insbesondere auch eine seitwärts bezüglich der Längsachse der Fangdüse 6 orientierte Abströmöffnung 32 aufweisen.

**[0054]** Die Vakuumerzeugervorrichtung 1 ist bevorzugt mit Steuerungs- und/oder Regelungsmitteln 37 ausgestattet, die eine Betätigung der Drosselmittel 29 in Abhängigkeit von dem in der Absaugzone 21 herrschenden Arbeitsdruck ermöglichen.

**[0055]** Die Steuerungs- und/oder Regelungsmittel 37 verfügen zweckmäßigerweise über einen ersten Drucksensor 38, durch den der in der Absaugzone 21 herrschende Arbeitsdruck erfasst wird und der Drucksignale, vorzugsweise elektrischer Art, als Ist-Werte einer Steuereinheit 41 zuleitet. Die Steuereinheit 41 gibt dann, nach Vergleich der Ist-Werte mit einem vorgegebenen Sollwert, geeignete elektrische Ansteuersignale an die Stellvorrichtung 35 aus. Die Übermittlung der Ansteuersignale ist in der Zeichnung bei 42 angedeutet. Die Sollwerte können zweckmäßigerweise variabel vorgegeben werden, was bei 43 verdeutlicht ist.

**[0056]** Bei einer möglichen Betriebsweise wird an die

Steuereinheit 41 - dies kann ein konventioneller Regler sein - der gewünschte Sollwert angelegt. Die Steuereinheit 41 gewährleistet dann über entsprechende Ansteuerung des Steuergliedes 33, dass der dem Fluid im Bereich des Abströmkanals 24 zur Verfügung stehende Ausströmquerschnitt dynamisch so verändert wird, dass sich der gewünschte Arbeitsdruck einstellt. Dieser Arbeitsdruck ist so hoch, dass ein Gegenstand sicher vom Sauggreifer 25 ergriffen wird.

**[0057]** Um den Gegenstand anschließend wieder abzulegen, erfolgt eine Sollwertänderung in der Steuereinheit 41, um einen Abwurfimpuls zu erzeugen. Wiederum wird durch entsprechende Ansteuerung des Steuergliedes 33 eine dynamische Veränderung des dem Fluid im Bereich des Abströmkanals 24 zur Verfügung stehenden Abströmquerschnittes bewirkt, so dass der Arbeitsdruck hochdynamisch - insbesondere in wenigen Millisekunden - auf den gewünschten Überdruck eingestellt wird.

**[0058]** Um die Genauigkeit und Dynamik der Regelung zu verbessern, besteht die Möglichkeit einer zusätzlichen unterlagerten Druckregelung des im Auffangraum 23 herrschenden Abströmdruckes. Hierzu können die Steuerungs- und/oder Regelungsmittel 37 einen zweiten Drucksensor 44 enthalten, der den im Auffangraum 23 herrschenden Druck erfasst und entsprechende Drucksignale an die Steuereinheit 41 übermittelt.

**[0059]** Die Ejektoreinrichtung 3 kann entweder für Unterschallströmung oder für Überschallströmung ausgelegt sein. Bei einer Auslegung für Überschallströmung ist es empfehlenswert, die Abmessungen des Auffangraumes 23 so zu wählen, dass eine sich am austrittsseitigen Ende der Fangdüse 6 ausbildende Überschallströmungszone 45 keine Behinderung durch die Begrenzungswände des Auffangraumes 23 erfährt. Insbesondere ist die in der Längsrichtung des Fangdüsenkanals 8 gemessene Länge des Auffangraumes 23 so gewählt, dass die Überschallströmungszone 45 vor der Austrittsöffnung 16 des Fangdüsenkanals 8 gegenüberliegenden Begrenzungswand 46 endet.

## Patentansprüche

1. Vakuumerzeugervorrichtung, mit mindestens einer Ejektoreinrichtung (3), die eine Strahldüse (5), eine der Strahldüse (5) nachgeordnete Fangdüse (6) sowie eine im Übergangsbereich zwischen der Strahldüse (5) und der Fangdüse (6) definierte Absaugzone (21) aufweist, wobei am austrittsseitigen Ende der Fangdüse (6) ein Auffangraum (23) für das durch die Fangdüse (6) hindurchströmende Fluid vorgesehen ist, von dem ein Abströmkanal (24) abgeht, und mit Mitteln zur Beeinflussung der Fluidströmung durch den Abströmkanal (24), **gekennzeichnet durch** dem Abströmkanal zugeordnete Drosselmittel (29) zur variablen Vorgabe des über den Abströmkanal (24) abströmenden Fluid-Volumenstromes zum Zwecke einer Beeinflussung des im Auffan-

raum (23) herrschenden Druckes.

2. Vakuumerzeugervorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drosselmittel (29) zur stufenlosen Variation des Fluid-Volumenstromes ausgebildet sind.
3. Vakuumerzeugervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drosselmittel (29) ein bezüglich des Abströmkanals (24) in unterschiedlichen Drosselstellungen positionierbares Steuerglied (33) enthalten.
4. Vakuumerzeugervorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerglied einer Abströmöffnung (32) des Abströmkanals (24) zugeordnet ist, wobei sich die Abströmöffnung (32) zweckmäßigerweise an dem dem Auffangraum (23) entgegengesetzten Endbereich des Abströmkanals (24) befindet.
5. Vakuumerzeugervorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerglied (33) der Abströmöffnung (32) des Abströmkanals (24) gegenüberliegt.
6. vakuumerzeugervorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerglied (33) je nach gewählter Drosselstellung mehr oder weniger weit von der Abströmöffnung (32) beabstandet ist.
7. Vakuumerzeugervorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abströmöffnung (32) von einer Abströmdüse (36) definiert ist, die zweckmäßigerweise auswechselbar ausgeführt ist.
8. Vakuumerzeugervorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerglied (33) Bestandteil einer in Stetig-Betriebsweise ausgeführten, elektrisch betätigten Stellvorrichtung (35) ist, insbesondere einer Proportional-Stellvorrichtung.
9. Vakuumerzeugervorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellvorrichtung (35) auf elektromagnetischem und/oder piezoelektrischem Funktionsprinzip basiert.
10. Vakuumerzeugervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abströmkanal (24) zur atmosphärischen Umgebung geführt ist.
11. Vakuumerzeugervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abströmkanal (24), bezogen auf die Längsrich-

tung der Fangdüse (6), gleichgerichtet oder zur Seite hin abgeht.

12. Vakuumerzeugervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **gekennzeichnet durch** Steuerungs- und/oder Regelungsmittel (37) zur Betätigung der Drosselmittel (29) in Abhängigkeit von dem in der Absaugzone (21) herrschenden Druck. 5
13. Vakuumerzeugervorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungs- und/oder Regelungsmittel (37) einen zur Erfassung des in der Absaugzone (21) herrschenden Druckes dienenden Drucksensor (38) und zweckmäßigerweise einen weiteren Drucksensor (44) zur Erfassung des in dem Auffangraum (23) herrschenden Druckes enthält. 10
14. Vakuumerzeugervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abmessungen des Auffangraumes (23) so gewählt sind, dass eine sich am austrittsseitigen Ende der Fangdüse (6) ausbildende Überschallströmungszone (45) keine Behinderung durch die Begrenzungswände (46) des Auffangraumes (23) erfährt. 15
15. Vakuumerzeugervorrichtung, mit mindestens einer Ejektoreinrichtung (3), die eine Strahldüse (5), eine der Strahldüse (5) nachgeordnete Fangdüse (6) sowie eine im Übergangsbereich zwischen der Strahldüse (5) und der Fangdüse (6) definierte Absaugzone (21) aufweist, wobei am austrittsseitigen Ende der Fangdüse (6) ein Auffangraum (23) für das durch die Fangdüse (6) hindurchströmende Fluid vorgesehen ist, von dem ein Abströmkanal (24) abgeht, und mit Mitteln zur Beeinflussung der Fluidströmung durch den Abströmkanal (24), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der an der Stelle des engsten Querschnitts des Abströmkanals (24) gemessene Abströmkanal-Nenndurchmesser ( $d_A$ ) größer ist als der an der Stelle des engsten Querschnitts des Strahldüsenkanals (7) gemessene Strahldüsenkanal-Nenndurchmesser ( $d_S$ ) und kleiner ist als der an der Stelle des engsten Querschnitts des Fangdüsenkanals (8) gemessene Fangdüsenkanal-Nenndurchmesser ( $d_F$ ). 20
16. Vakuumerzeugervorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abströmkanal-Nenndurchmesser ( $d_A$ ) nur geringfügig größer ist als der Strahldüsenkanal-Nenndurchmesser ( $d_S$ ). 25
17. Vakuumerzeugervorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abströmkanal-Nenndurchmesser ( $d_A$ ) kleiner ist als der Fangdüsenkanal-Austrittsdurchmesser ( $D_1$ ). 30

18. Vakuumerzeugervorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17 und in Verbindung mit einem oder mehreren Merkmalen der Ansprüche 1 bis 14.

## Claims

1. Vacuum generator device, with at least one ejector apparatus (3) comprising a jet nozzle (5), a collector (6) located downstream of the jet nozzle (5) and a suction zone (21) defined in the transition area between the jet nozzle (5) and the collector (6), wherein a collecting chamber (23) for the fluid passing through the collector (6) with a discharge passage (24) leading off therefrom is provided at the outlet end of the collector (6), and with means for influencing the fluid flow through the discharge passage (24), **characterised by** restrictor means (29) assigned to the discharge passage for the variable presetting of the fluid flow rate passing through the discharge passage (24) in order to influence the pressure prevailing in the collecting chamber (23).
2. Vacuum generator device according to claim 1, **characterised in that** the restrictor means (29) are designed for the infinitely variable adjustment of the fluid flow rate.
3. Vacuum generator device according to claim 1 or 2, **characterised in that** the restrictor means (29) include a control element (33) capable of being placed in different restrictor positions in relation to the discharge passage (24).
4. Vacuum generator device according to claim 3, **characterised in that** the control element (33) is assigned to a discharge port (32) of the discharge passage (24), the discharge port (32) being expediently located in the end region of the discharge passage (24) opposite the collecting chamber (23).
5. Vacuum generator device according to claim 4, **characterised in that** the control element (33) is located opposite the discharge port (32) of the discharge passage (24).
6. Vacuum generator device according to claim 4 or 5, **characterised in that** the control element (33) has a greater or smaller distance from the discharge port (32) in dependence on the selected restrictor position.
7. Vacuum generator device according to any of claims 4 to 6, **characterised in that** the discharge port (32) is defined by a discharge nozzle (36), which is expediently designed to be exchangeable.
8. Vacuum generator device according to any of claims

3 to 7, **characterised in that** the control element (33) is part of an electrically operated actuating device (35) designed in infinite position mode, in particular of a proportional actuating device.

9. Vacuum generator device according to claim 8, **characterised in that** the actuating device (35) is based on an electromagnetic and/or piezoelectric operating principle.
10. Vacuum generator device according to any of claims 1 to 9, **characterised in that** the discharge passage (24) is routed to the atmosphere.
11. Vacuum generator device according to any of claims 1 to 10, **characterised in that** the discharge passage (24) extends in the same direction as the longitudinal direction of the collector (6) or branches off laterally.
12. Vacuum generator device according to any of claims 1 to 11, **characterised by** open and/or closed loop control means (37) for the operation of the restrictor means (29) in dependence on the pressure prevailing in the suction zone (21).
13. Vacuum generator device according to claim 12, **characterised in that** the open and/or closed loop control means (37) comprise a pressure sensor (38) for the detection of the pressure prevailing in the suction zone (21) and a further pressure sensor (44) for the detection of the pressure prevailing in the collecting chamber (23).
14. Vacuum generator device according to any of claims 1 to 13, **characterised in that** the dimensions of the collecting chamber (23) are chosen such that a supersonic flow zone (45) forming at the outlet end of the collector (6) is not impeded by the boundary walls (46) of the collecting chamber (23).
15. Vacuum generator device, with at least one ejector apparatus (3) comprising a jet nozzle (5), a collector (6) located downstream of the jet nozzle (5) and a suction zone (21) defined in the transition area between the jet nozzle (5) and the collector (6), wherein a collecting chamber (23) for the fluid passing through the collector (6) with a discharge passage (24) leading off therefrom is provided at the outlet end of the collector (6), and with means for influencing the fluid flow through the discharge passage (24), in particular according to any of claims 1 to 14, **characterised in that** the nominal diameter ( $d_A$ ) of the discharge passage measured at the point of the narrowest cross-section of the discharge passage (24) is larger than the nominal diameter ( $d_S$ ) of the jet nozzle passage measured at the point of the narrowest cross-section of the jet nozzle passage (7) and

smaller than the nominal diameter ( $d_F$ ) of the collector passage measured at the point of the narrowest cross-section of the collector passage (8).

- 5 16. Vacuum generator device according to claim 15, **characterised in that** the nominal diameter ( $d_A$ ) of the discharge passage is only slightly larger than the nominal diameter ( $d_S$ ) of the jet nozzle passage.
- 10 17. Vacuum generator device according to claim 15 or 16, **characterised in that** the nominal diameter ( $d_A$ ) of the discharge passage is smaller than the outlet diameter ( $D_1$ ) of the collector passage.
- 15 18. Vacuum generator device according to any of claims 15 to 17 and in combination with one or more features of claims 1 to 14.

## 20 Revendications

1. Dispositif de production de vide, comportant au moins un dispositif d'éjection (3), qui comporte une buse de projection (5), une buse d'arrêt (6) montée en aval de la buse de projection (5), ainsi qu'une zone d'aspiration (21) définie dans la zone de transition entre la buse de projection (5) et la buse d'arrêt (6), une chambre collectrice (23) étant prévue au niveau de l'extrémité de sortie de la buse d'arrêt (6) pour le fluide traversant la buse d'arrêt (6), à partir de laquelle part un canal d'évacuation (24), et comportant des moyens destinés à influencer l'écoulement du fluide à travers le canal d'évacuation (24), **caractérisé par** des moyens d'étranglement (29), associés au canal d'évacuation (24), destinés à prédéfinir de manière variable le débit du fluide évacué par l'intermédiaire du canal d'évacuation (24), afin d'influer sur la pression qui règne dans la chambre collectrice (23).
2. Dispositif de production de vide selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les moyens d'étranglement (29) sont réalisés pour faire varier en continu le débit du fluide.
3. Dispositif de production de vide selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les moyens d'étranglement (29) comportent un organe de commande (33) pouvant être positionné dans différentes positions d'étranglement par rapport au canal d'évacuation (24).
4. Dispositif de production de vide selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'organe de commande est associé à un orifice d'évacuation (32) du canal d'évacuation (24), l'orifice d'évacuation (32) étant situé avantageusement dans la zone d'extrémité, opposée à la chambre collectrice (23), du canal d'éva-



- cuation (24).
5. Dispositif de production de vide selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'organe de commande (33) est situé en face de l'orifice d'évacuation (32) du canal d'évacuation (24). 5
  6. Dispositif de production de vide selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** l'organe de commande (33), en fonction de la position d'étranglement choisie, est situé plus ou moins loin de l'orifice d'évacuation (32). 10
  7. Dispositif de production de vide selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** l'orifice d'évacuation (32) est défini par une buse d'évacuation (36) qui, de manière avantageuse, est interchangeable. 15
  8. Dispositif de production de vide selon l'une des revendications 3 à 7, **caractérisé en ce que** l'organe de commande (33) est une partie intégrante d'un dispositif de réglage (35), réalisé en mode de fonctionnement continu et actionné électriquement, en particulier un dispositif de réglage proportionnel. 20 25
  9. Dispositif de production de vide selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le dispositif de réglage (35) est basé sur un principe de fonctionnement électromagnétique et/ou piézoélectrique. 30
  10. Dispositif de production de vide selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** le canal d'évacuation (24) mène vers l'environnement atmosphérique. 35
  11. Dispositif de production de vide selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** le canal d'évacuation (24), par rapport à la direction longitudinale de la buse d'arrêt (6), est orienté dans le même sens ou part vers le côté. 40
  12. Dispositif de production de vide selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé par** des moyens de commande et/ou de réglage (37) destinés à actionner les moyens d'étranglement (29) en fonction de la pression qui règne dans la zone d'aspiration (21). 45
  13. Dispositif de production de vide selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** les moyens de commande et/ou de réglage (37) comportent un capteur de pression (38), destiné à détecter la pression qui règne dans la zone d'aspiration (21), et de manière avantageuse un autre capteur de pression (44) destiné à détecter la pression qui règne dans la chambre collectrice (23). 50 55
  14. Dispositif de production de vide selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** les dimensions de la chambre collectrice (23) sont choisies de telle sorte qu'une zone d'écoulement supersonique (45), se formant au niveau de l'extrémité de sortie de la buse d'arrêt (6), n'est pas gênée par les parois de délimitation (46) de la chambre collectrice (23).
  15. Dispositif de production de vide comportant au moins un dispositif d'éjection (3), qui comporte une buse de projection (5), une buse d'arrêt (6) montée en aval de la buse de projection (5), ainsi qu'une zone d'aspiration (21) définie dans la zone de transition entre la buse de projection (5) et la buse d'arrêt (6), une chambre collectrice (23) étant prévue au niveau de l'extrémité de sortie de la buse d'arrêt (6) pour le fluide traversant la buse d'arrêt (6), à partir de laquelle part un canal d'évacuation (24), et comportant des moyens destinés à influencer l'écoulement du fluide à travers le canal d'évacuation (24), en particulier selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** le diamètre nominal ( $d_A$ ), mesuré à l'emplacement de la section la plus étroite du canal d'évacuation (24), est supérieur au diamètre nominal ( $d_S$ ), mesuré à l'emplacement de la section la plus étroite du canal de la buse de projection (7), et est inférieur au diamètre nominal ( $d_F$ ), mesuré à l'emplacement de la section la plus étroite du canal de la buse d'arrêt (8).
  16. Dispositif de production de vide selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** le diamètre nominal ( $d_A$ ) du canal d'évacuation est seulement légèrement supérieur au diamètre nominal ( $d_S$ ) du canal de la buse de projection.
  17. Dispositif de production de vide selon la revendication 15 ou 16, **caractérisé en ce que** le diamètre nominal ( $d_A$ ) du canal d'évacuation est inférieur au diamètre de sortie ( $D_1$ ) du canal de la buse d'arrêt.
  18. Dispositif de production de vide selon l'une des revendications 15 à 17 et en association avec une ou plusieurs caractéristiques des revendications 1 à 14.

