

(19)



(11)

EP 2 772 651 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.09.2014 Patentblatt 2014/36

(51) Int Cl.:
F04D 23/00 (2006.01) F04D 29/58 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14154409.8**

(22) Anmeldetag: **10.02.2014**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **01.03.2013 DE 102013203577**

(71) Anmelder: **PFEIFFER VACUUM GMBH**
35614 Asslar (DE)

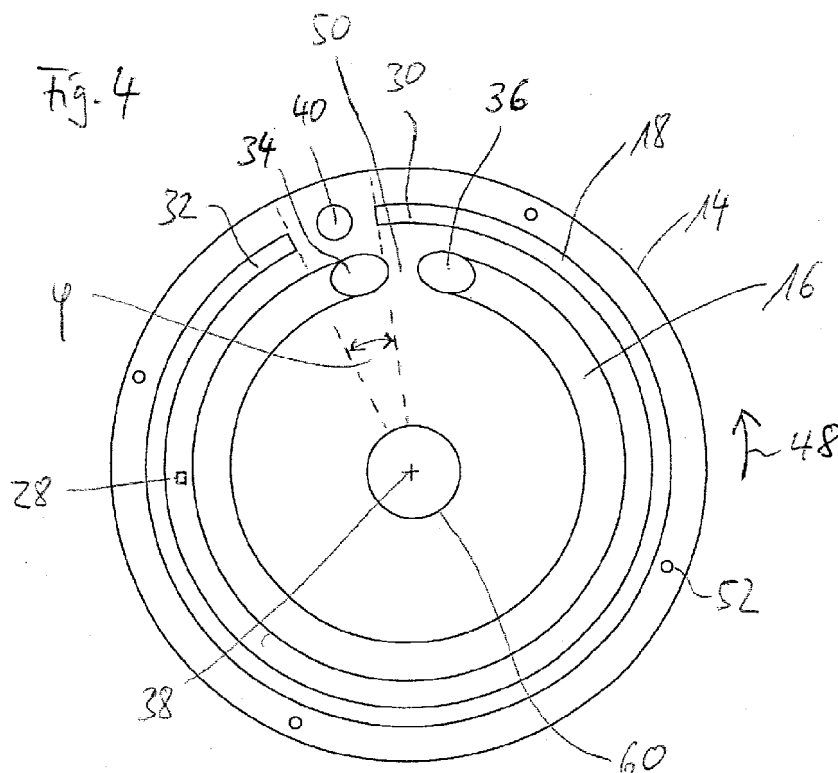
(72) Erfinder:
• **Shirinov, Dr. Aleksandr**
35576 Wetzlar (DE)
• **Söhngen, Wolfgang**
35647 Waldsolms (DE)
• **Gogol, Torsten**
35630 Ehringshausen (DE)
• **Oberbeck, Sebastian**
35781 Weilburg (DE)

(74) Vertreter: **Manitz, Finsterwald & Partner GbR**
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) **Pumpe**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe mit wenigstens einer Seitenkanalpumpstufe, die einen durch zumindest ein Statorelement begrenzten Seitenkanal umfasst, und mit einem Kühlmittelkreislauf zur Kühlung

der Vakuumpumpe mit einem Kühlmittel, wobei der Kühlmittelkreislauf wenigstens einen Kühlmittelkanal für die Seitenkanalpumpstufe aufweist, der zumindest bereichsweise durch das Statorelement begrenzt ist.



EP 2 772 651 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Pumpe mit wenigstens einer Seitenkanalpumpstufe, die einen durch zumindest ein Statorelement begrenzten Seitenkanal umfasst.

[0002] Die Erfindung betrifft allgemein das Gebiet der Pumpen und dabei insbesondere das Gebiet der Vakuumpumpen. Die Erfindung ist nicht auf Vakuumpumpen beschränkt. Alle sich allgemein auf Pumpen beziehenden Ausführungen gelten aber auch für Vakuumpumpen.

[0003] Pumpen, insbesondere Vakuumpumpen, werden in unterschiedlichen technischen Verfahren, beispielsweise bei der Halbleiterherstellung, eingesetzt, um gasförmige Medien aus einem zu evakuierenden Volumen abzuführen und insbesondere ein für das jeweilige Verfahren notwendiges Vakuum herzustellen. Neben Hochvakuumstufen wie beispielsweise Holweck- oder Turbomolekularpumpstufen werden Seitenkanalpumpstufen eingesetzt, die zum einen zur Erzeugung eines reinen Vakuums mit einem niedrigen Enddruck geeignet sind und die gleichzeitig in der Lage sind, die geförderten Medien auf einen hohen Ausgangsdruck und im Einzelfall sogar direkt bis auf Atmosphärendruck zu verdichten. Eine Vakuumpumpe mit einer Seitenkanalpumpstufe umfasst typischerweise zusätzlich einen Motor zum drehenden Antreiben eines Rotorelements der Seitenkanalpumpstufe sowie eine Antriebselektronik zum Ansteuern des Motors.

[0004] Ein Nachteil bei bekannten Vakuumpumpen der eingangs genannten Art ist, dass deren tatsächliche Leistungsdaten in der Regel deutlich hinter den theoretisch zu erwartenden Leistungsdaten zurückbleiben und sich das Leistungsverhalten der Vakuumpumpen mit der Zeit verschlechtert. Die Vakuumpumpen müssen relativ häufig gewartet werden und weisen insgesamt eine beschränkte Betriebslebensdauer auf, wodurch die Wirtschaftlichkeit der bekannten Vakuumpumpen herabgesetzt wird. Die Wartungs- und Ausfallanfälligkeit der Vakuumpumpen kann auf die bei dem Betrieb der Vakuumpumpen auftretenden hohen Temperaturen zurückgeführt werden, welche aufgrund der damit einhergehenden thermischen Belastung mittel- und langfristig zu einer Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit der temperaturempfindlichen Pumpenkomponenten führen.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Pumpe, insbesondere eine Vakuumpumpe, zu schaffen, die eine hohe Leistung und gleichzeitig eine verringerte Wartungs- und Ausfallanfälligkeit aufweist, die dauerhaft und zuverlässig ohne Einschränkung ihrer Funktionsfähigkeit betrieben werden kann und die eine hohe Betriebslebensdauer aufweist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Pumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0007] Die Pumpe umfasst wenigstens eine Seitenkanalpumpstufe, die einen durch zumindest ein Statorelement begrenzten Seitenkanal aufweist. Die Pumpe umfasst ferner einen Kühlmittelkreislauf zur Kühlung der Pumpe mit einem Kühlmittel, wobei der Kühlmittelkreis-

lauf wenigstens einen Kühlmittelkanal für die Seitenkanalpumpstufe aufweist, der zumindest bereichsweise durch das Statorelement begrenzt ist.

[0008] Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass die im Bereich der Seitenkanalpumpstufe durch deren pumpende Wirkung hervorgerufene Wärmeenergie bei bekannten Pumpen zu einer Verschlechterung der Betriebseigenschaften der Pumpe führt, wodurch zum einen die Leistungseigenschaften der Pumpe beeinträchtigt werden und zum anderen eine erhebliche Belastung der Pumpenkomponenten bei deren Betrieb auftritt, welche die Wartungs- und Ausfallanfälligkeit der Pumpe erhöht und deren zu erwartende Betriebslebensdauer verringert.

[0009] Durch den Kühlmittelkreislauf mit dem Kühlmittelkanal, der durch das wenigstens eine Statorelement der Seitenkanalpumpstufe begrenzt ist, wird die durch den Pumpemechanismus der Seitenkanalpumpstufe hervorgerufene Wärmeenergie unmittelbar wirksam abgeführt, so dass eine dadurch hervorgerufene übermäßige Erwärmung und thermische Belastung der Pumpe, die das Leistungsverhalten verschlechtert und die zu erwartende Lebensdauer der Pumpe herabsetzt, vermieden wird.

[0010] Somit wird eine Pumpe geschaffen, deren Leistungsverhalten zumindest annähernd dem theoretisch erwarteten Leistungsvermögen entspricht und die eine hohe Zuverlässigkeit im Betrieb und eine hohe Betriebslebensdauer erreicht.

[0011] Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Figuren beschrieben.

[0012] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist der Kühlmittelkreislauf zur Kühlung wenigstens einer weiteren Komponente der Pumpe ausgebildet. Dadurch kann das Leistungsverhalten der Pumpe noch weiter verbessert und deren Betriebslebensdauer noch weiter erhöht werden. Insbesondere kann es sich bei der weiteren Komponente um einen Motor handeln, welcher insbesondere zum drehenden Antreiben eines Rotorelements der Seitenkanalpumpstufe dient, oder um eine Antriebselektronik, welche insbesondere zum Ansteuern des vorzugsweise als Elektromotor ausgebildeten Motors ausgebildet ist. Die Antriebselektronik kann auch zur Auswertung von Signalen dienen, die von Sensoren der Pumpe geliefert werden, z.B. von einem nachstehend noch erläuterten Temperatursensor. Diese Komponenten erzeugen bei dem Betrieb der Pumpe ebenfalls erhebliche Wärmemengen, durch deren kontrollierte Abführung die Betriebseigenschaften der Pumpe verbessert werden können. Ferner kann es sich bei der weiteren Komponente um eine Hochvakuumstufe wie z.B. eine Holweckpumpstufe, eine Turbomolekularpumpstufe, eine Gaedepumpstufe, eine Siegbahnpumpstufe oder eine Kreuzgewindepumpstufe handeln, welche zusätzlich zu der Seitenkanalpumpstufe vorgesehen sein kann und deren Betriebsverhalten durch die Kühlung ebenfalls verbessert werden kann. Durch die Verwendung eines

gemeinsamen Kühlmittelkreislaufs zur Kühlung der Seitenkanalpumpstufe und der wenigstens einen weiteren Komponente wird dabei mit geringem Aufwand eine erhebliche Verbesserung des Betriebsverhaltens der Pumpe insgesamt erzielt. Bei der weiteren Komponente kann es sich auch um ein Gehäuse der Pumpe handeln.

[0013] Die weitere Komponente kann auch ein Lagerschild der Pumpe umfassen. Ein solches Lagerschild kann beispielsweise im Bereich eines Wälzlagers der Pumpe angeordnet sein, mit dem eine Rotorwelle der Pumpe, an dem das Rotorelement der Seitenkanalpumpstufe angeordnet ist, drehbar an dem Pumpengehäuse gelagert ist. Das Lagerschild kann dazu ausgebildet sein, einen Außenring des Wälzlagers in Richtung der Rotationsachse verschiebungsfest an dem Gehäuse der Vakuumpumpe zu fixieren. Das Lagerschild kann dabei insbesondere fest mit dem Statorelement der Seitenkanalpumpstufe verschraubt sein. Bei dieser Ausgestaltung ergibt sich eine starke thermische Kopplung des Lagerschildes mit dem Statorelement, so dass durch die Kühlung des Lagerschildes die Kühlung der Seitenkanalpumpstufe unterstützt und damit die Kühlung insgesamt verbessert werden kann. Es können auch zwei Lagerschilde der Pumpe, die z.B. unterschiedlichen Wälzlager der Pumpe zugeordnet sind, durch den Kühlmittelkreislauf kühlbar sein.

[0014] Es können auch zwei oder mehr verschiedene und insbesondere alle der vorstehend genannten verschiedenen weiteren Komponenten durch den Kühlmittelkreislauf kühlbar sein.

[0015] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst der Kühlmittelkreislauf einen weiteren Kühlmittelkanal für die weitere Komponente. Durch einen solchen weiteren Kühlmittelkanal kann eine direkte Kühlung der weiteren Komponente bewirkt werden. Der jeweilige Kühlmittelkanal kann dazu zumindest bereichsweise durch die jeweilige Komponente begrenzt sein. Unter "zumindest bereichsweise begrenzt" wird in der vorliegenden Offenbarung prinzipiell verstanden, dass der Kühlmittelkanal über zumindest einen Teil seines vorzugsweise geschlossenen Strömungsquerschnitts durch den jeweiligen Bestandteil begrenzt wird. Prinzipiell kann der jeweilige Kühlmittelkanal auch über seinen gesamten Strömungsquerschnitt hinweg von dem jeweiligen Bestandteil begrenzt sein.

[0016] Im Falle der Antriebselektronik ist es bevorzugt, wenn der Kühlmittelkanal für die Antriebselektronik zumindest bereichsweise durch eine insbesondere wärmeleitende und/oder metallische Platte bzw. Kühlplatte begrenzt ist, auf der die Antriebselektronik durch eine vorzugsweise wärmeleitfähige Verbindung befestigt ist.

[0017] Der weitere Kühlmittelkanal kann mit dem Kühlmittelkanal für die Seitenkanalpumpstufe in Reihe oder parallel kühlmitteleitend verbunden sein. Dadurch kann der Kühlmittelfluss und die damit bewirkte Kühlwirkung gezielt an die Erfordernisse der Seitenkanalpumpstufe und der jeweiligen weiteren Komponente bzw. Komponenten angepasst werden. Die zu kühlenden Pumpen-

komponenten können dabei so entlang der verschiedenen Kühlmittelkanäle angeordnet sein, dass insgesamt eine den jeweiligen Anforderungen entsprechende Kühlwirkung erreicht wird.

[0018] Zur Kühlung eines Lagerschildes kann ein Kühlmittelkanal vorgesehen sein, der zumindest teilweise von dem Lagerschild begrenzt ist und der vorzugsweise mit einem Kühlmittelkanal für die Seitenkanalpumpstufe kühlmitteleitend verbunden ist. Durch das Vorsehen eines von einem Lagerschild begrenzten oder durch dieses hindurch gehenden Kühlmittelkanals, welcher mit einem Kühlmittelkanal für die Seitenkanalpumpstufe verbunden ist, wird es ermöglicht, in baulich einfacher Weise einen Kühlmittelkanal für die Seitenkanalpumpstufe zu realisieren, der sich über im Wesentlichen die gesamte Länge des Seitenkanals der Pumpstufe erstreckt und in unmittelbarer Nähe zu dem Seitenkanal angeordnet ist und der gleichzeitig über das Lagerschild von außen zugänglich ist und somit in baulich einfacher Weise in den Kühlmittelkreislauf eingebunden sein kann.

[0019] Vorzugsweise werden sowohl der Motor als auch die Antriebselektronik jeweils durch einen Kühlmittelkanal gekühlt, der zumindest bereichsweise durch den Motor bzw. eine Kühlplatte für die Antriebselektronik begrenzt ist, wobei der Kanal für den Motor und der Kanal für die Antriebselektronik vorzugsweise kühlmitteleitend in Reihe miteinander verbunden sind. Gemäß einer Ausführungsform ist eine kühlmitteleitende Reihenschaltung zwischen einem ersten Kühlmittelkanal für die Seitenkanalpumpstufe und für die Hochvakuumumpumpstufe und einem zweiten Kühlmittelkanal für die Antriebselektronik und für den Motor vorgesehen. Der zweite Kühlmittelkanal umfasst vorzugsweise einen Kühlmittelkanal, der zumindest bereichsweise durch eine Kühlplatte für die Antriebselektronik begrenzt ist, und einen in Kühlmittelflussrichtung darauf folgenden Kühlmittelkanal, der zumindest bereichsweise durch den Motor begrenzt ist. Der erste Kühlmittelkanal folgt vorzugsweise in Kühlmittelflussrichtung auf den zweiten Kanal und ist zumindest bereichsweise durch die Seitenkanalpumpstufe begrenzt. Die Hochvakuumumpumpstufe kann entweder einen eigenen Kühlmittelkanal aufweisen und diesen zumindest bereichsweise begrenzen oder sie kann in der nachstehend beschriebenen Weise indirekt über den Kühlmittelkanal für die Seitenkanalpumpstufe kühlbar sein. Eine Abwandlung der vorstehenden Ausführungsform sieht vor, dass der Kühlmittelkanal für den Motor in Flussrichtung des Kühlmittels vor dem Kühlmittelkanal für die Antriebselektronik angeordnet ist.

[0020] Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass ein Kühlmittelkanal für den Motor und für die Antriebselektronik einerseits und ein Kühlmittelkanal für die Seitenkanalpumpstufe und für die Hochvakuumumpumpstufe andererseits parallel miteinander verbunden sind.

[0021] Die weitere Komponente, insbesondere die Hochvakuumumpumpstufe, kann auch indirekt kühlbar sein, indem sie wärmeleitend mit dem wenigstens einen Statorelement der Seitenkanalpumpstufe oder einer weite-

ren, dritten Pumpenkomponente verbunden ist, welche ihrerseits von dem Kühlmittelkreislauf direkt gekühlt wird, d.h. welche einen Kühlmittelkanal des Kühlmittelkreislaufs zumindest bereichsweise begrenzt, oder welche ebenfalls indirekt von dem Kühlmittelkreislauf gekühlt wird.

[0022] Insbesondere im Fall einer Reihenschaltung zweier Kühlmittelkanäle sind die Strömungsquerschnitte der beiden Kanäle und damit deren hydraulische Leitwerte vorzugsweise so angepasst, dass sich eine gewünschte Aufteilung des Kühlmittels auf die beiden Kanäle ergibt.

[0023] Gemäß einer Ausführungsform ist in dem Kühlmittelkreislauf wenigstens eine, insbesondere verstellbare, Blende vorgesehen, die einen Strömungsquerschnitt für das Kühlmittel begrenzt. Die Blende kann dabei insbesondere in einem von zumindest zwei parallel geschalteten Kühlmittelkanälen angeordnet sein. Der hydraulische Leitwert des jeweiligen Kanals lässt sich dann flexibel an die jeweiligen Verhältnisse anpassen.

[0024] Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass wenigstens ein Temperatursensor zur Messung der Temperatur der Seitenkanalpumpstufe vorgesehen ist. Dadurch wird es ermöglicht, die Temperatur der Seitenkanalpumpstufe während des Betriebs zu überwachen und z.B. den Betrieb der Seitenkanalpumpstufe und/oder den Kühlmittelkreislauf abhängig von der gemessenen Temperatur der Vakuumpumpe so anzusteuern, dass die Seitenkanalpumpe stets in einem günstigen Temperaturbereich betrieben wird. Bevorzugt ist der wenigstens eine Temperatursensor zwischen dem Kühlmittelkanal und dem Seitenkanal der Seitenkanalpumpstufe angeordnet und/oder in der Nähe eines Gasauslasses der Seitenkanalpumpstufe. Dadurch wird eine besonders direkte und somit aussagekräftige Messung der Temperatur der Seitenkanalpumpstufe erreicht. Der Temperatursensor kann auch an einer Lagerfassung oder an einem Lager Schild eines Drehlagers der Pumpe angeordnet sein und kann die Temperatur der Lagerfassung bzw. des Lager Schildes messen, wobei die Lagerfassung und/oder das Lagerschild durch den Kühlmittelkreislauf gekühlt sein können.

[0025] Vorzugsweise erstreckt sich der Kühlmittelkanal über zumindest annähernd die gesamte Länge des Seitenkanals. Dadurch wird eine besonders wirksame Abfuhr der in dem Seitenkanal erzeugten Wärme gewährleistet, da die Wärme überall direkt abgeführt wird. Der Kühlmittelkanal kann zumindest annähernd entlang seiner gesamten Länge zumindest bereichsweise durch das wenigstens eine Statorelement begrenzt sein.

[0026] Der Kühlmittelkanal kann sich über zumindest 60 %, bevorzugt zumindest 75 % und besonders bevorzugt zumindest 90 % des in Bezug auf eine Rotationsachse der Seitenkanalpumpstufe definierten Winkelbereichs erstrecken, der von dem Seitenkanal abgedeckt wird und der eine volle Umdrehung von 360° umfassen kann. Der Seitenkanal und/oder der Kühlmittelkanal verlaufen dabei vorzugsweise zumindest bereichsweise

kreislinienförmig um die Rotationsachse herum.

[0027] Eine besonders wirksame Kühlung der Seitenkanalpumpstufe wird erreicht, wenn der Kühlmittelkanal, bezogen auf die Rotationsachse der Seitenkanalpumpstufe, zumindest über einen Teil seiner Länge in radialer Richtung nach außen hin von dem Seitenkanal beabstandet ist.

[0028] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass der Kühlmittelkanal über zumindest annähernd seine gesamte Länge in unmittelbarer Nähe zu dem Seitenkanal angeordnet ist. Dadurch wird die Wirksamkeit der Kühlung der Seitenkanalpumpstufe noch weiter erhöht. Vorzugsweise weist der Kühlmittelkanal dabei über seine Länge hinweg einen kürzesten Abstand von dem Seitenkanal auf, welcher höchstens 50 %, bevorzugt höchstens 25 % und besonders bevorzugt höchstens 15 % des maximalen Abstands des Seitenkanals von der Rotationsachse beträgt.

[0029] Ein besonders einfacher Aufbau der Pumpe ergibt sich, wenn der Seitenkanal und/oder der Kühlmittelkanal zumindest über einen Teil seiner Länge durch wenigstens zwei Statorelemente begrenzt ist, die vorzugsweise aneinander anliegen und miteinander, insbesondere durch Verschrauben, verbunden sind. In dem Statorelement kann dann eine Nut vorgesehen sein, welche dem Seitenkanal entspricht, und/oder eine Nut, welche dem Kühlmittelkanal entspricht, und welche gemeinsam mit einer weiteren Nut oder einer flachen Oberfläche des jeweils anderen Statorelements die Begrenzung für den Seitenkanal bzw. für den Kühlmittelkanal bildet.

[0030] In einem an den jeweiligen Seitenkanal bzw. Kühlmittelkanal angrenzenden Bereich können die beiden Statorelemente im Wesentlichen flächig aneinander anliegen, wodurch eine den Kühlmittelkanal abdichtende Verbindung zwischen den beiden Statorelementen geschaffen werden kann. Ein Statorelement kann jeweils im Wesentlichen scheibenförmig ausgestaltet sein, wobei die Scheibenebene vorzugsweise im Wesentlichen senkrecht zu der Rotationsachse der Seitenkanalpumpstufe orientiert ist und wobei die den jeweiligen Seitenbzw. Kühlmittelkanal begrenzende Oberfläche der Scheibe vorzugsweise durch eine Flachseite der Scheibe gebildet ist und die beiden Scheiben insbesondere an ihren Flachseiten aneinander anliegen und miteinander verbunden sind.

[0031] Zur noch besseren Abdichtung, insbesondere des Kühlmittelkanals, kann ein insbesondere elastisches Dichtelement zwischen den wenigstens zwei Statorelementen vorgesehen sein, an dem die beiden Statorelemente dichtend anliegen können. Das Dichtelement kann z.B. als O-Ring ausgebildet sein, welcher vorzugsweise eine geschlossene ringförmige Oberfläche des einen Statorelements mit einer geschlossenen ringförmigen Oberfläche des anderen Statorelements dichtend verbindet, um den Kühlmittelkanal und den Seitenkanal, die auf unterschiedlichen Seiten der ringförmigen Oberflächen angeordnet sein können, gegeneinander abzudichten. Der O-Ring kann in der auf die Rotationsachse

bezogenenen radialen Richtung zwischen dem Kühlmittelkanal und dem Seitenkanal angeordnet sein. Es kann auch wenigstens ein weiterer O-Ring vorhanden sein, der den Kühlmittelkanal und/oder den Seitenkanal gegenüber dem Bereich außerhalb der die beiden Kanäle begrenzenden Statorelemente abdichtet.

[0032] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist der Kühlmittelinlass des Kühlmittelkanals in der Nähe eines Gasauslasses der Seitenkanalpumpstufe angeordnet und/oder ist der Kühlmittelauslass des Kühlmittelkanals in der Nähe eines Gaseinlasses der Seitenkanalpumpstufe angeordnet. Dadurch wird die Kühlwirkung an die Wärmeentwicklung in der Seitenkanalpumpstufe derart angepasst, dass sich bei dem Betrieb der Pumpe überall eine im Wesentlichen homogene Temperaturverteilung einstellt und lokal stark erhöhte Temperaturen vermieden werden.

[0033] In der Nähe des Gasauslasses der Seitenkanalpumpstufe tritt aufgrund des hohen Gasdrucks und der erhöhten Reibung nämlich eine besonders starke Wärmeentwicklung auf, welche durch die Anordnung des Kühlmittelinlasses in diesem Bereich und die damit einhergehende stärkere Kühlwirkung kompensiert werden kann. Der Bereich des Kühlmittelauslasses, welcher eine geringere Kühlwirkung bereitstellt, wird dementsprechend zur Kühlung des Bereichs des Gaseinlasses genutzt, in dem aufgrund der geringeren Gasdrücke eine geringere Wärmeentwicklung auftritt. Prinzipiell können der Kühlmittelinlass und/oder der Kühlmittelauslass aber auch an einer anderen als der vorstehend jeweils angegebenen Stelle angeordnet sein.

[0034] Die Richtung, in der das Kühlmittel in dem Kühlmittelkanal bei dem Betrieb der Pumpe um die Rotationsachse der Seitenkanalpumpstufe herum fließt, kann zu der Richtung entgegengesetzt sein, in der das Gas durch den Seitenkanal der zugehörigen Seitenkanalpumpstufe strömt. Dadurch wird eine Kühlwirkung erreicht, welche den durch die stärkere Wärmeerzeugung im Bereich des Gasauslasses und die geringere Wärmeerzeugung im Bereich des Gaseinlasses bedingten Gradienten der Wärmeerzeugung entlang des Seitenkanals wirksam kompensiert. Prinzipiell können das Kühlmittel und das Gas aber auch in derselben Richtung um die Rotationsachse der Seitenkanalpumpstufe herum strömen.

[0035] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die Pumpe mehrere Seitenkanalpumpstufen, die jeweils einen durch zumindest ein Statorelement begrenzten Seitenkanal umfassen. Mehrere und insbesondere alle Seitenkanalpumpstufen können dabei gemäß zumindest einer der vorstehend in Bezug auf die wenigstens eine Seitenkanalpumpstufe beschriebenen vorteilhaften Ausführungsformen ausgebildet sein. Durch das Vorsehen mehrerer Seitenkanalpumpstufen lassen sich die erreichbare Pumpleistung und der erreichbare minimale Enddruck des Vakuums und der maximale Ausgangsdruck der Pumpe verbessern. Die Seitenkanalpumpstufen können dabei in Reihe und/oder parallel gas-

leitend miteinander verbunden sein. Eine leistungsstarke Pumpe kann prinzipiell eine oder zwei oder mehr als zwei miteinander verbundene Seitenkanalpumpstufen umfassen.

[0036] Der Kühlmittelkreislauf umfasst bevorzugt jeweils wenigstens einen Kühlmittelkanal für jede Seitenkanalpumpstufe, wobei die Kühlmittelkanäle jeweils durch das Statorelement begrenzt sind, das den Seitenkanal der jeweiligen Seitenkanalpumpstufe begrenzt. Dadurch wird eine wirksame Kühlung der Statorelemente aller Seitenkanalpumpstufen sichergestellt.

[0037] Die Seitenkanäle verschiedener Seitenkanalpumpstufen können dabei bezogen auf die Rotationsachse der wenigstens einen Seitenkanalpumpstufe in radialer Richtung und/oder axialer Richtung aufeinander folgend angeordnet sein. Ein Seitenkanal kann dabei, wie vorstehend beschrieben, durch wenigstens zwei insbesondere scheibenförmige Statorelemente begrenzt sein.

[0038] Ein Statorelement kann auch mehrere verschiedene Seitenkanäle begrenzen und somit ein gemeinsames Statorelement für mehr als eine Seitenkanalpumpstufe darstellen. Dementsprechend kann auch ein durch das Statorelement begrenzter Kühlmittelkanal einen gemeinsamen Kühlmittelkanal für mehr als eine Seitenkanalpumpstufe darstellen. Ein Statorelement kann auch mehrere verschiedene Kühlmittelkanäle begrenzen, die jeweils einem von mehreren durch das jeweilige Statorelement begrenzten Seitenkanal zugeordnet sind.

[0039] Beispielsweise kann zumindest ein scheibenförmiges Statorelement auf seinen beiden einander gegenüberliegenden Flachseiten jeweils eine einen Seitenkanal begrenzende Nut aufweisen und/oder das Statorelement kann auf beiden Seiten jeweils eine einen Kühlmittelkanal für eine Seitenkanalpumpstufe begrenzende Nut aufweisen. Dies stellt eine besonders einfache bauliche Variante dar, mit der insbesondere mehrere in Rotationsachsenrichtung aufeinander folgende Seitenkanalpumpstufen realisiert werden können. Die beiden durch das Statorelement begrenzten Seitenkanäle und/oder Kühlmittelkanäle können dabei durch einen entsprechenden, in dem Statorelement ausgebildeten Verbindungskanal gasleitend bzw. kühlmittelleitend miteinander verbunden sein.

[0040] Vorzugsweise sind zumindest zwei Kühlmittelkanäle verschiedener Seitenkanalpumpstufen miteinander kühlmittelleitend verbunden. Die Kühlmittelkanäle können dabei in Reihe miteinander verbunden sein, so dass sie von dem Kühlmittel der Reihe nach durchflossen werden. Die Kühlmittelkanäle können auch parallel miteinander verbunden sein und parallel von dem Kühlmittel durchflossen werden. Bei einer Parallelverbindung der Kühlmittelkanäle lässt sich der Fluss in den beiden Kühlmittelkanälen jeweils unabhängig regulieren, beispielsweise durch entsprechende Anpassung des Strömungsquerschnitts und/oder die Anordnung einer Blende in einem jeweiligen Kühlmittelkanal, so dass die Kühlung der

einzelnen Seitenkanalpumpstufen flexibel an deren thermische Belastung angepasst werden kann, beispielsweise um die Kühlung an unterschiedliche Lastfälle anzupassen, insbesondere an den zu erzeugenden Enddruck oder die anfallende Gaslast.

[0041] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform verlaufen zumindest zwei Kühlmittelkanäle verschiedener, insbesondere in axialer oder radialer Richtung unmittelbar aufeinander folgender, Seitenkanalpumpstufen von ihrem jeweiligen Kühlmittleinlass aus in entgegengesetzten Richtungen um eine Rotationsachse der Seitenkanalpumpstufen herum zu ihrem jeweiligen Kühlmittelauslass. Dadurch wird es ermöglicht, die verschiedenen Kühlmittelkanäle so anzuordnen, dass sich diese in Bezug auf die von ihnen abgedeckten, auf die Rotationsachse der Seitenkanalpumpstufe bezogenen Winkelbereiche überlappen und ein Winkelversatz zwischen den Einlässen und Auslässen aufeinander folgender Kühlmittelkanäle vermieden wird. Dadurch wird eine baulich besonders einfache Anordnung erreicht, da die verschiedenen Kühlmittelkanäle bzw. die diese begrenzenden Statorelemente im Wesentlichen identisch aufgebaut und deckungsgleich zueinander angeordnet sein können.

[0042] Beispielsweise können die Kühlmittelkanäle jeweils einen um die Rotationsachse der Seitenkanalpumpstufe herum orientierten Verlauf aufweisen und dabei jeweils annähernd den gesamten auf die Rotationsachse der Seitenkanalpumpstufe bezogenen Winkelbereich abdecken, wobei ein relativ kleiner Winkelbereich zwischen dem Kühlmittleinlass und dem Kühlmittelauslass nicht durch den Kanal abgedeckt sein und somit frei bleiben kann. Insbesondere in diesem Fall kann durch die vorstehend beschriebene Ausgestaltung mit abwechselnden Strömungsrichtungen des Kühlmittels erreicht werden, dass die zwischen den Einlässen und den Auslässen verschiedener Kühlmittelkanäle frei bleibenden Winkelbereiche sich zumindest teilweise überlappen. Die sich überlappenden Winkelbereiche können dann für weitere Bestandteile der Pumpe bzw. des Kühlmittelkreislaufs genutzt werden.

[0043] Beispielsweise kann ein Rückleitungskanal des Kühlmittelkreislaufs vorgesehen sein, der durch mehrere Statorelemente hindurch verläuft, die die Seitenkanäle der Seitenkanalpumpstufen begrenzen. Der Rückleitungskanal für das Kühlmittel kann insbesondere in dem vorstehend beschriebenen überlappenden Winkelbereich angeordnet sein, der zwischen den Einlässen und den Auslässen der verschiedenen Seitenkanalpumpstufen frei bleibt.

[0044] Unter einem Kühlmittelkreislauf wird im Rahmen der vorliegenden Beschreibung sowohl ein geschlossener Kreislauf für das Kühlmittel verstanden als auch ein Abschnitt für das Kühlmittel zwischen einem Kühlmittleinlass und einem Kühlmittelauslass, der durch entsprechendes Verbinden des Einlasses und des Auslasses miteinander zu einem geschlossenen Kreislauf vervollständigt werden kann. Der Kühlmittelkreislauf

kann, insbesondere im Fall eines geschlossenen Kühlmittelkreislaufs, eine Kühlmittelpumpe umfassen, mit der das Kühlmittel in dem Kreislauf angetrieben werden kann, und/oder ein Kühlaggregat oder einen Wärmetauscher, mit dem das Kühlmittel kühlbar ist. Die Kühlmittelpumpe und/oder der Wärmetauscher können als Teil der Pumpe ausgebildet sein oder extern an einen entsprechenden Kühlmittleinlass und Kühlmittelauslass der Pumpe anschließbar sein.

[0045] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist der Kühlmittelkreislauf über wenigstens ein wärmeleitendes Element mit einem weiteren Kühlmittelkreislauf wärmetauschend gekoppelt. Die Kühlung des Kühlmittelkreislaufs, welcher den durch das Statorelement der Seitenkanalpumpstufe begrenzten Kühlmittelkanal umfasst und welcher auch als Primärkreislauf bezeichnet wird, erfolgt dabei durch den weiteren Kühlmittelkreislauf, welcher auch als Sekundärkreislauf bezeichnet wird, über das wärmeleitende Element. Der weitere Kühlmittelkreislauf kann z.B. über einen Kühlmittleinlass und einen Kühlmittelauslass der Pumpe mit einer externen Kühlmittelpumpe und/oder einem externen Kühlmittelaggregat oder Wärmetauscher verbunden sein. Das wärmetauschende Element kann insbesondere durch eine Platte gebildet sein, auf der die Antriebselektronik angeordnet ist und die die Wärme zwischen den beiden Kühlmittelkreisläufen austauscht und dazu vorzugsweise jeweils einen Kühlmittelkanal beider Kreisläufe zumindest bereichsweise begrenzt. Diese Kühlplatte kann eine relativ große Oberfläche aufweisen und somit einen effektiven Wärmeaustausch gewährleisten. Prinzipiell kann auch ein Flüssigkeit-Gas-Wärmetauscher, z.B. ein Wasser-Luft-Wärmetauscher, vorgesehen sein, welcher zur Kühlung eines flüssigen Kühlmittels in dem Primärkreislauf oder eines flüssigen Kühlmittels in einem vorhandenen Sekundärkreislauf einen Wärmeaustausch zwischen dem flüssigen Kühlmittel und einem außerhalb des Primärkreislaufs bzw. Sekundärkreislaufs und insbesondere außerhalb der Pumpe vorhandenen Gas, z.B. der Umgebungsluft, bewirkt.

[0046] Die vorstehende Ausgestaltung hat den Vorteil, dass der Primärkreislauf als geschlossener, als Teil der Pumpe ausgebildeter Kreislauf, beispielsweise mit einer entsprechenden Kühlmittelpumpe, ausgestaltet werden kann, ohne dass gleichzeitig ein Kühlmittelaggregat oder ein übermäßig großer Wärmetauscher in die Pumpe integriert werden muss. In dem Primärkreislauf kann dabei z.B. ein korrosionsbeständiges Kühlmittel eingesetzt werden, welches sich besonders gut zur direkten Kühlung der betroffenen Komponenten eignet, ohne dass z. B. aufgrund einer externen Anbindung des Kühlmittelkreislaufs die Gefahr von Leckageverlusten oder dem versehentlichen Einsatz eines ungeeigneten Kühlmittels besteht. Der Sekundärkreislauf kann hingegen mit Wasser als Kühlmittel betrieben werden, welches von außerhalb der Pumpe zugeführt werden kann, so dass Kühlmittelverluste im Anschlussbereich dieses Kreislaufs unproblematisch sind.

[0047] Gemäß einer Ausführungsform besteht das wenigstens eine Statorelement zumindest bereichsweise und insbesondere im Bereich einer den Kühlmittelkanal begrenzenden Oberfläche aus einem Material, welches ein durch Gießen herstellbares bzw. gegossenes metallisches Material und/oder ein Aluminium bzw. eine Aluminiumlegierung ist. Dadurch können die Herstellungskosten für das Statorelement reduziert werden. Alternativ oder zusätzlich kann ein Lagerschild bzw. eine einen Kühlmittelkanal des Kühlmittelkreislaufs begrenzende Oberfläche des Lagerschildes aus einem solchen Material gebildet sein.

[0048] Das Kühlmittel des Kühlmittelkreislaufs für die Seitenkanalpumpstufe, welcher durch einen wie vorstehend beschriebenen Primärkreislauf gebildet sein kann, ist vorzugsweise flüssig. Das Kühlmittel ist vorzugsweise ein gegenüber dem Material des Statorelements, welches eines der vorstehend genannten Materialien sein kann, korrosionsbeständiges Kühlmittel. Beispielsweise kann das Kühlmittel Glykol bzw. ein Glykolegemisch, ein Öl, insbesondere ein polychloriertes Biphenyl (PCB), ein flüssiges Natrium wie z.B. NaK-78 oder ein Ethanol enthalten oder daraus bestehen. Abhängig von dem Material der zu kühlenden Komponenten und insbesondere des Statorelements kann das Kühlmittel auch Wasser enthalten oder daraus bestehen.

[0049] Falls ein wie vorstehend beschriebener Sekundärkreislauf vorgesehen ist, enthält dieser vorzugsweise ebenfalls ein flüssiges Kühlmittel, welches insbesondere Wasser enthält oder daraus besteht. Der Sekundärkreislauf kann prinzipiell aber auch ein gasförmiges Kühlmittel wie z.B. Luft enthalten.

[0050] Die Pumpe kann eine oder mehrere Hochvakuum-pumpstufen umfassen, wobei eine Hochvakuum-pumpstufe z.B. durch eine Holweckpumpstufe, eine Turbomolekularpumpstufe, eine Gaedepumpstufe, eine Siegbahnpumpstufe oder eine Kreuzgewindepumpstufe gebildet sein kann. Die eine oder mehreren Hochvakuum-pumpstufen sind vorzugsweise in Strömungsrichtung vor der Seitenkanalpumpstufe angeordnet und dieser vorgeschaltet.

[0051] Weiterer Gegenstand der Erfindung ist eine Pumpe mit wenigstens einer Seitenkanalpumpstufe, die einen durch zumindest ein Statorelement begrenzten Seitenkanal umfasst, mit einem Motor, mit einer Antriebselektronik für den Motor und mit einem Kühlmittelkreislauf zur Kühlung der Vakuumpumpe mit einem Kühlmittel, wobei der Kühlmittelkreislauf wenigstens einen ersten Kühlmittelkanal für die Seitenkanalpumpstufe und wenigstens einen zweiten Kühlmittelkanal für den Motor und/oder für die Antriebselektronik umfasst.

[0052] Dadurch lässt sich eine das Pumpverhalten oder die Betriebslebensdauer der Pumpe verschlechternde übermäßige Erwärmung der Seitenkanalpumpstufe sowie des Motors und/oder der Antriebselektronik wirksam vermeiden und eine hohe Pumpleistung sowie eine hohe Betriebslebensdauer der Pumpe sicherstellen. Die Antriebselektronik kann neben der Ansteuerung des

Motors auch zur Auswertung von Signalen eingerichtet sein, die von Sensoren der Vakuumpumpe wie z.B. einem wie vorstehend beschriebenen Temperatursensor geliefert werden.

[0053] Der erste Kühlmittelkanal und der zweite Kühlmittelkanal können in Reihe oder parallel miteinander kühlmitteleitend verbunden sein. Dadurch lässt sich ein zusammenhängender Kühlmittelkreislauf für die genannten Komponenten erreichen, welcher mit geringem Aufwand realisierbar ist, wobei die auf die jeweiligen Komponenten ausgeübte Kühlwirkung durch die entsprechende serielle oder parallele kühlmitteleitende Verbindung gezielt an die jeweiligen Anforderungen anpassbar ist.

[0054] Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer schematischen Darstellung,

Fig. 2 eine Vakuumpumpe gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in einer schematischen Darstellung,

Fig. 3 eine Vakuumpumpe gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in einer schematischen Darstellung,

Fig. 4 ein Statorelement einer Seitenkanalpumpstufe einer Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in Draufsicht, und

Fig. 5 eine schematische Darstellung der Kühlmittel-flussrichtung durch mehrere Seitenkanalpumpstufen in einer Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0055] Fig. 1 zeigt eine Vakuumpumpe 10 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer schematischen Darstellung. Die Vakuumpumpe 10 umfasst eine Seitenkanalpumpstufe 12, welche wenigstens ein Statorelement 14 aufweist, einen Elektromotor 22 zum drehenden Antreiben eines Rotorelements der Seitenkanalpumpstufe 12, eine Kühlplatte mit einer darauf angeordneten Antriebselektronik 20 für den Motor 22 und eine Hochvakuum-pumpstufe 24.

[0056] Die Pumpe 10 umfasst ferner einen Kühlmittelkreislauf 25, welcher einen von außerhalb der Pumpe 10 zugänglichen Kühlmittelinlass 44 und einen von außerhalb der Pumpe 10 zugänglichen Kühlmittelauslass 46 der Vakuumpumpe 10 umfasst, wobei Einlass 44 und Auslass 46 über Kühlmittelkanäle 18, 26 des Kühlmittelkreislaufs 25 kühlmitteleitend miteinander verbunden sind. Die Pfeilspitzen in Fig. 1 kennzeichnen die Kühlmittelflussrichtung von dem Einlass 44 zu dem Auslass

46.

[0057] Der Kühlmittelkanal 18 dient zur Kühlung der Seitenkanalpumpstufe 12 und ist zumindest bereichsweise durch das Statorelement 14 der Seitenkanalpumpstufe 12 begrenzt. Die Hochvakuum pumpstufe 24 ist indirekt über die Seitenkanalpumpstufe 12 kühlbar, mit der sie wärmeleitend verbunden ist. Die Kühlung der Hochvakuum pumpstufe 24 kann prinzipiell auch über ein Lagerschild der Vakuumpumpe und/oder über das Gehäuse der Vakuumpumpe erfolgen. Der Kühlmittelkanal 26 dient zur Kühlung des Motors 22 und der Kühlplatte mit der Antriebselektronik 20 und weist dazu zwei kühlmitteleitend in Serie miteinander verbundene Längsab schnitte auf, von denen einer zumindest bereichsweise durch den Elektromotor 22 und der andere zumindest bereichsweise durch die Kühlplatte 20 begrenzt ist. Der Kühlmittelkanal 18 und der Kühlmittelkanal 26 sind jeweils im Bereich des Einlasses 44 und des Auslasses 46 zusammengeführt und sind somit parallel kühlmitteleitend miteinander verbunden.

[0058] Fig. 2 zeigt eine Vakuumpumpe 10 gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in einer schematischen Darstellung. Die in Fig. 2 gezeigte Vakuumpumpe 10 entspricht der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe 10, wobei bei der in Fig. 2 gezeigten Ausgestaltung der Auslass des Kühlmittelkanals 26 für den Motor 22 und die Kühlplatte mit der Antriebselektronik 20 mit dem Einlass des Kühlmittelkanals 18 für die Seitenkanalpumpstufe 12 kühlmitteleitend verbunden ist, so dass die Kanäle 26, 18 in Reihe miteinander verbunden sind.

[0059] Fig. 3 zeigt eine Vakuumpumpe 10 gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in einer schematischen Darstellung. Die in Fig. 3 gezeigte Vakuumpumpe 10 entspricht im Wesentlichen der in Fig. 2 gezeigten Vakuumpumpe 10, wobei bei der in Fig. 3 gezeigten Ausgestaltung der Kühlmittelkreislauf 25 nicht zwischen einem Kühlmiteleinlass und einem Kühlmittel auslass der Pumpe 10 angeordnet ist. Stattdessen ist der Kühlmittelkreislauf 25 als geschlossener Kreislauf ausgebildet und umfasst eine Kühlmittelpumpe 54, mit der das Kühlmittel in dem in Fig. 3 durch die Pfeilspitzen gekennzeichneten Umlaufsinn antreibbar ist.

[0060] Die Pumpe 10 umfasst außerdem einen Sekundär-Kühlmittelkreislauf 42, der von außerhalb der Vakuumpumpe 10 über einen entsprechenden Kühlmiteleinlass 44 und Kühlmittelauslass 46 zugänglich ist. Der Sekundär-Kühlmittelkreislauf 42 umfasst einen durch die Kühlplatte 20 für die Antriebselektronik zumindest bereichsweise begrenzten Kühlmittelkanal 58. Die Kühlmittelkreisläufe 25 und 42 sind somit über die Kühlplatte 20 wärmeleitend miteinander verbunden, so dass die Kühlplatte 20 als Wärmetauscher zwischen den beiden Kühlmittelkreisläufen 25, 42 dient. Wenn an den Einlass 44 und den Auslass 46 eine Kühlmittelquelle angeschlossen wird, wird das Kühlmittel in dem Kühlmittelkreislauf 25 über die von dem Kühlmittelkreislauf 42 gekühlte Kühlplatte 20 gekühlt, so dass der Kühlmittelkreislauf 25 seine kühlende Funktion erfüllen kann. Alternativ oder zusätz-

lich könnte auch ein Flüssigkeit-Gas-Wärmetauscher, z. B. ein Wasser-Luft-Wärmetauscher, vorgesehen sein, der zur Kühlung eines in einem der Kühlmittelkreisläufe 25, 42 vorhandenen flüssigen Kühlmittels einen Wärmeaustausch zwischen dem flüssigen Kühlmittel und einem außerhalb der Kreisläufe 25, 42 vorhandenen Gas bewirkt oder die Kühlplatte 20 könnte als ein solcher Wärmetauscher ausgebildet sein.

[0061] Fig. 4 zeigt ein Statorelement 14 einer Seitenkanalpumpstufe einer Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in Draufsicht. Das Statorelement 14 ist scheibenförmig ausgestaltet, wobei in Fig. 4 die Ansicht auf eine Flachseite des scheibenförmigen Statorelements 14 gezeigt ist. Das Statorelement 14 umfasst eine kreislinienförmig um eine senkrecht zu der Scheibenebene orientierte Rotationsachse 38 der Seitenkanalpumpstufe herum verlaufende, in der Flachseite ausgebildete und in axialer Richtung in die Flachseite einspringende Nut, deren Umwandung einen Seitenkanal 16 begrenzt. Das eine Längsende der Nut begrenzt dabei einen Gaseinlass 34 des Seitenkanals 16 und das andere Längsende begrenzt einen Gasauslass 36 des Seitenkanals 16.

[0062] Das Statorelement 14 umfasst ferner eine ebenfalls in der Flachseite ausgebildete und in axialer Richtung in die Flachseite einspringende Nut, deren Umwandung einen Kühlmittelkanal 18 zur Kühlung des Statorelements 14 begrenzt. Der Kühlmittelkanal 18 verläuft parallel zu dem Seitenkanal 16 und verläuft dementsprechend ebenfalls im Wesentlichen kreislinienförmig um die Rotationsachse 38 herum. Die Nut und damit der Kühlmittelkanal 18 sind in einem geringen Abstand radial nach außen hin von dem Seitenkanal 16 beabstandet. Die Nut und der von deren Umwandung begrenzte Kühlmittelkanal 18 erstrecken sich über annähernd den gesamten auf die Rotationsachse 38 bezogenen Winkelbereich von 360°. Das eine Ende der Nut begrenzt einen Einlass 30 des Kühlmittelkanals 16 für das Kühlmittel und das andere Ende der Nut begrenzt einen Auslass 32 des Kühlmittelkanals 16 für das Kühlmittel. Der Kühlmiteleinlass 30 ist in der Nähe des Gasauslasses 36 angeordnet und der Kühlmittelauslass 32 ist in der Nähe des Gaseinlasses 34 angeordnet. Das Kühlmittel in dem Kühlmittelkanal 18 einerseits und das Gas in dem Seitenkanal 16 andererseits strömen somit in unterschiedlichen Richtungen bzw. in einem unterschiedlichen Drehsinn um die Drehachse 38 herum von ihrem jeweiligen Einlass zu ihrem jeweiligen Auslass. Alternativ könnte das Kühlmittel in dem Kühlmittelkanal 18 auch in derselben Richtung, d.h. in demselben Drehsinn wie die Gasströmung in dem Seitenkanal 16 um die Drehachse 38 herum strömen, d.h. das Kühlmittel kann generell entgegen der Gasströmung oder mit der Gasströmung strömen. Wenn mehrere Kühlmittelkanäle für mehrere aufeinander folgende Seitenkanalpumpstufen hintereinander geschaltet sind, wie nachfolgend in Bezug auf Fig. 5 erläutert, kann der Drehsinn der Kühlmittelströmung in den Kühlmittelkanälen von Kühlmittelkanal zu Kühlmittelkanal bzw. von Sei-

tenkanalpumpstufe zu Seitenkanalpumpstufe abwechseln.

[0063] In dem nicht von dem Kühlmittelkanal 18 abgedeckten Winkelbereich φ zwischen dem Kühlmittleinlass 30 und dem Kühlmittelauslass 32 ist ein Rückleitungskanal 40 vorgesehen, welcher in axialer Richtung durch das Statorelement 14 hindurch verläuft und zur Rückleitung des Kühlmittels dient.

[0064] Zur Bildung der Seitenkanalpumpstufe ist die in Fig. 4 gezeigte Statorscheibe 14 mit einer weiteren, in Fig. 4 nicht dargestellten Statorscheibe derart verbunden, dass die Statorscheiben mit ihren Flachseiten aneinander anliegen. Die weitere Statorscheibe ist dabei derart komplementär zu der in Fig. 4 gezeigten Statorscheibe ausgebildet, dass die beiden Statorscheiben zusammen einen Kühlmittelkanal 18 mit einem geschlossenen Querschnitt sowie einen Seitenkanal 16 bilden, der abgesehen von einer umlaufenden Öffnung, über die das Rotorelement der Seitenkanalpumpstufe in den Seitenkanal 16 eingreift, einen geschlossenen Querschnitt aufweist. Die beiden Statorelemente 14 sind dazu über Schraublöcher 52 fest miteinander verbunden.

[0065] Ein Temperatursensor 28 ist zwischen dem Seitenkanal 16 und dem Kühlmittelkanal 18 angeordnet und dient zur Messung der Temperatur der Seitenkanalpumpstufe. Der Temperatursensor 28 kann prinzipiell an einer beliebigen Stelle zwischen dem Seitenkanal 16 und dem Kühlmittelkanal 18 angeordnet sein und insbesondere in der Nähe des Gasauslasses 36, da dort aufgrund des hohen Gasdrucks die höchsten Temperaturen vorliegend und sich unmittelbar messen lassen.

[0066] Während des Betriebs der Pumpe wird ein in Fig. 4 nicht dargestelltes Rotorelement der Seitenkanalpumpstufe in Richtung des Pfeils 48 drehend angetrieben. Das Rotorelement kann dabei an einer Rotorwelle angeordnet sein, welche sich durch die im Bereich der Rotationsachse 38 vorgesehene Öffnung 60 des Statorelements 14 hindurch erstrecken kann. Das Rotorelement weist vorzugsweise einen Kranz von Schaufeln auf, die sich in den Seitenkanal 16 hinein erstrecken. Der Seitenkanal 16 weist dabei in dem Bereich zwischen dem Gaseinlass 34 und dem Gasauslass 36 vorzugsweise einen gegenüber den Rotorschaukeln vergrößerten Querschnitt auf und das Gas wird in dem Seitenkanal 16 vorzugsweise um die kreislinienförmige Hauptorientierung des Seitenkanals 16 spirallinienförmig herum in Richtung des Pfeils 48 angetrieben und dabei verdichtet. Im Bereich des Gasauslasses 36 weist der Seitenkanal 16 vorzugsweise einen gegenüber den Rotorschaukeln nicht oder allenfalls geringfügig vergrößerten Querschnitt auf, was in Fig. 4 anhand des nicht vertieften Bereichs 50 des Statorelements 14 ersichtlich ist, so dass das geförderte Gas im Bereich des Auslasses 36 abgestreift und durch den Auslass 36 aus dem Seitenkanal 16 gefördert wird.

[0067] Die Pumpe mit dem in Fig. 4 gezeigten Statorelement 14 kann mehrere in Richtung der Rotationsachse 38 hintereinander angeordnete Seitenkanalpumpstu-

fen umfassen, welche gemäß der vorstehenden Beschreibung ausgebildet sind. Der Kühlmittelkanal 18 kann mit den Kühlmittelkanälen der weiteren Seitenkanalpumpstufen in Reihe verbunden sein, d.h. dass der Kühlmittleinlass 30 kühlmittleitend mit dem Kühlmittelauslass einer vorhergehenden, z.B. in axialer Richtung vor der Zeichenebene von Fig. 4 angeordneten, Pumpstufe verbunden ist und der Kühlmittelauslass 32 kühlmittleitend mit dem Kühlmittleinlass einer nachfolgenden, z.B. in axialer Richtung hinter der Zeichenebene von Fig. 4 angeordneten, Pumpstufe verbunden ist. Die Verbindungen können dabei durch sich in axialer Richtung durch die jeweilige Statorscheibe 14 hindurch erstreckende kühlmittleitende Verbindungskanäle gebildet sein.

[0068] Der Seitenkanal 16 kann mit den Seitenkanälen der weiteren Seitenkanalpumpstufen in Reihe verbunden sein, indem der Einlass 34 mit dem Auslass der vorhergehenden Pumpstufe gasleitend verbunden ist und der Auslass 36 mit dem Einlass der nachfolgenden Pumpstufe gasleitend verbunden ist. Hierzu kann jeweils ein sich in axialer Richtung durch eine jeweilige Statorscheibe 14 hindurch erstreckender gasleitender Verbindungskanal vorgesehen sein.

[0069] Vorzugsweise weisen alle in axialer Richtung hintereinander angeordnete Statorscheiben 14 der Vakuumpumpe jeweils einen wie in Fig. 4 gezeigten Kühlmittelrückleitungskanal 40 auf, wobei die Kühlmittelrückleitungskanäle 40 in axialer Richtung im Wesentlichen deckungsgleich fluchtend übereinander angeordnet sind und zusammen einen in axialer Richtung orientierten durch alle Seitenkanalpumpstufen hindurch verlaufenden Kühlmittelrückleitungskanal bilden.

[0070] Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung der Kühlmittelflussrichtung durch mehrere Seitenkanalpumpstufen in einer Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in Richtung der Rotationsachse 38 gesehen. Die Vakuumpumpe kann wie vorstehend in Bezug auf Fig. 4 beschrieben ausgebildet sein.

[0071] Fig. 5 zeigt mehrere in Reihe miteinander verbundene Kühlmittelkanäle 18, die jeweils einer Seitenkanalpumpstufe zugeordnet und gemäß der vorstehenden Beschreibung zu Fig. 4 ausgebildet sind. Die Kühlmittelkanäle 18 sind in Fig. 5 in radialer Richtung voneinander beabstandet dargestellt und können dementsprechend in radialer Richtung aufeinander folgenden Seitenkanalpumpstufen zugeordnet sein. Die Kühlmittelkanäle 18 können aber auch gemäß der vorstehenden Beschreibung zu Fig. 4 in axialer Richtung aufeinander folgen und in axialer Richtung aufeinander folgenden Seitenkanalpumpstufen zugeordnet sein.

[0072] Das Kühlmittel gelangt durch einen Zuleitungskanal 56, welcher beispielsweise durch ein Lagerschild hindurch führen oder von diesem begrenzt sein kann, in den ersten Kühlmittelkanal 18. Diesen Kühlmittelkanal 18 durchfließt das Kühlmittel in einer ersten auf die Drehachse 38 bezogenen Drehrichtung und gelangt dann über einen Verbindungskanal 62 in den nächsten Kühl-

mittelkanal 18, den das Kühlmittel in der entgegen gesetzten Drehrichtung durchfließt. In dieser Weise durchfließt das Kühlmittel alle Kühlmittelkanäle 18, wobei die Fließrichtung des Kühlmittels von Kanal 18 zu Kanal 18 abwechselt, bis das Kühlmittel schließlich aus dem letzten Kühlmittelkanal 18 in den Kühlmittelrückleitungskanal 40 fließt. Der Kühlmittelrückleitungskanal 40 verläuft in dem von den Kühlmittelkanälen 18 nicht abgedeckten Winkelbereich φ durch alle Statorscheiben hindurch zurück zu einem Kühlmittelauslass der Vakuumpumpe. Der Kühlmittelkanal 40 kann dabei ebenfalls durch ein Lagerschild der Vakuumpumpe hindurch führen oder von dem Lagerschild begrenzt sein.

Bezugszeichenliste

[0073]

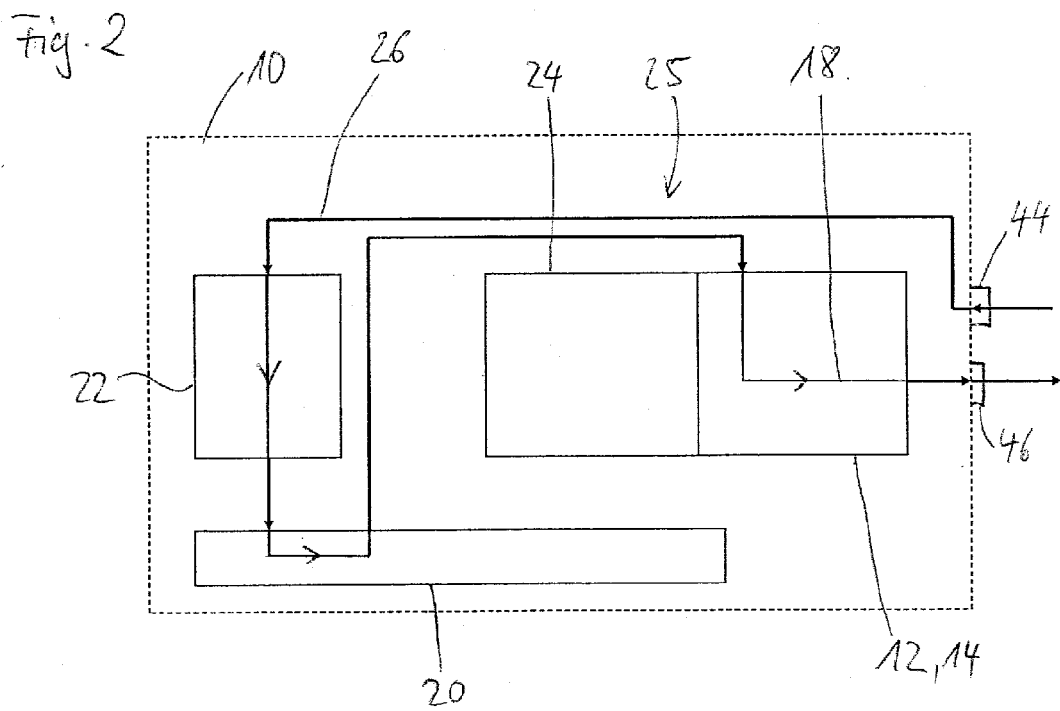
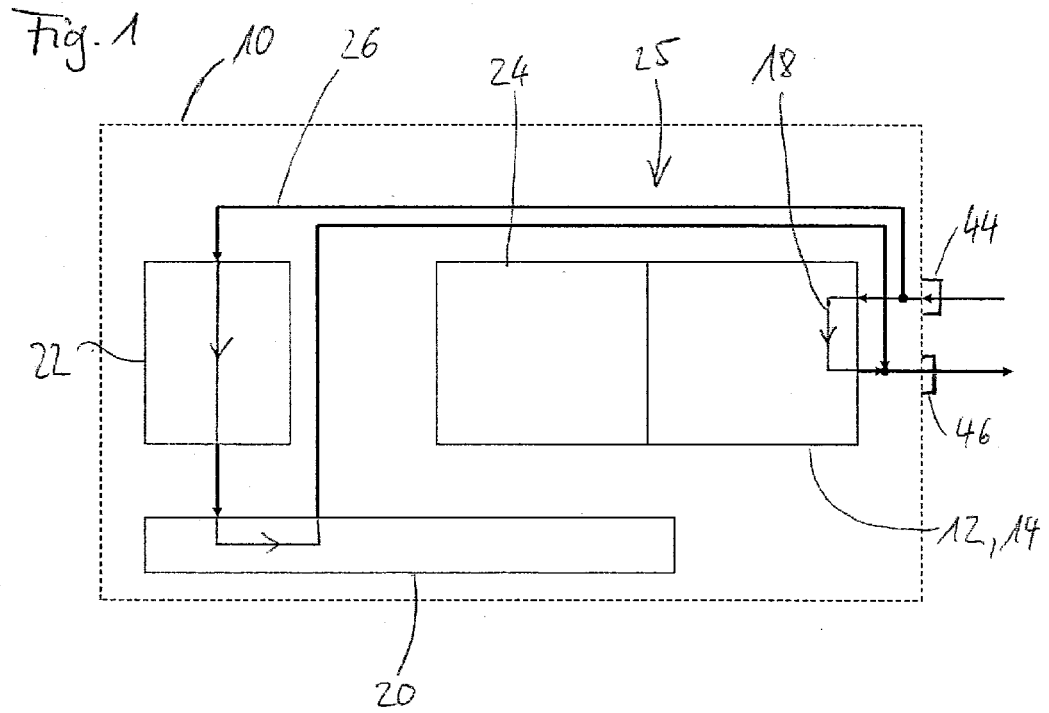
10	Vakuumpumpe
12	Seitenkanalpumpstufe
14	Statorelement
16	Seitenkanal
18	Kühlmittelkanal
20	Kühlplatte mit darauf angebrachter Antriebselektronik
22	Motor
24	Hochvakuum-pumpstufe
25	Kühlmittelkreislauf
26	Kühlmittelkanal
28	Temperatursensor
30	Kühlmitteleinlass
32	Kühlmittelauslass
34	Gaseinlass
36	Gasauslass
38	Rotationsachse
40	Kühlmittelrückleitungskanal
42	weiterer Kühlmittelkreislauf
44	Kühlmitteleinlass
46	Kühlmittelauslass

48	Rotationsrichtung
50	Abstreifer-Bereich
52	Schraubloch
54	Kühlmittelpumpe
56	Zuleitungskanal
58	Kühlmittelkanal
60	Öffnung
62	Verbindungskanal
φ	Winkelbereich

20 Patentansprüche

1. Pumpe, insbesondere Vakuumpumpe (10), mit wenigstens einer Seitenkanalpumpstufe (12), die einen durch zumindest ein Statorelement (14) begrenzten Seitenkanal (16) umfasst, und mit einem Kühlmittelkreislauf (25) zur Kühlung der Pumpe (10) mit einem Kühlmittel, wobei der Kühlmittelkreislauf (25) wenigstens einen Kühlmittelkanal (18) für die Seitenkanalpumpstufe (12) aufweist, der zumindest bereichsweise durch das Statorelement (14) begrenzt ist.
2. Pumpe nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlmittelkreislauf (25) zur Kühlung wenigstens einer weiteren Komponente (20, 22, 24) der Pumpe (10) ausgebildet ist, welche insbesondere aus der Gruppe ausgewählt ist, die eine Antriebselektronik (20), einen Motor (22), eine Pumpstufe, eine Hochvakuum-pumpstufe (24), ein Gehäuse und ein Lagerschild der Pumpe (10) umfasst.
3. Pumpe nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlmittelkreislauf (25) einen weiteren Kühlmittelkanal (26) für die weitere Komponente (20, 22, 24) umfasst, der mit dem Kühlmittelkanal (18) für die Seitenkanalpumpstufe (12) vorzugsweise in Reihe oder parallel kühlmitteleitend verbunden ist.
4. Pumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass in dem Kühlmittelkreislauf (25) wenigstens eine, insbesondere verstellbare, Blende vorgesehen ist, die einen Strömungsquerschnitt für das Kühlmittel begrenzt.
5. Pumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Temperatur-

- sensor (28) zur Messung der Temperatur der Seitenkanalpumpstufe (12) vorgesehen ist, welcher vorzugsweise zwischen dem Kühlmittelkanal (18) und dem Seitenkanal (16) und/oder in der Nähe eines Gasauslasses (36) der Seitenkanalpumpstufe (12) angeordnet ist.
6. Pumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Kühlmittelkanal (18) über zumindest annähernd die gesamte Länge des Seitenkanals (12) erstreckt.
7. Pumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlmittelleinlass (30) des Kühlmittelkanals in der Nähe eines Gasauslasses (36) der Seitenkanalpumpstufe (12) angeordnet ist und/oder der Kühlmittelauslass (32) des Kühlmittelkanals in der Nähe eines Gaseinlasses (34) der Seitenkanalpumpstufe (12) angeordnet ist.
8. Pumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pumpe (10) mehrere Seitenkanalpumpstufen (12) umfasst, die jeweils einen durch zumindest ein Statorelement (14) begrenzten Seitenkanal (16) umfassen, wobei der Kühlmittelkreislauf (25) für die Seitenkanalpumpstufen (12) jeweils wenigstens einen Kühlmittelkanal (18) umfasst und wobei die Kühlmittelkanäle (18) jeweils durch das Statorelement (14) begrenzt sind, das den Seitenkanal (16) der jeweiligen Seitenkanalpumpstufe (12) begrenzt.
9. Pumpe nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei Kühlmittelkanäle (18) verschiedener Seitenkanalpumpstufen (12) in Reihe oder parallel miteinander kühlmittelleitend verbunden sind.
10. Pumpe nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei Kühlmittelkanäle (18) verschiedener, insbesondere in axialer oder radialer Richtung unmittelbar aufeinander folgender, Seitenkanalpumpstufen (12) von ihrem jeweiligen Kühlmittelleinlass (30) aus in entgegengesetzten Richtungen um eine Rotationsachse (38) der Seitenkanalpumpstufen (12) herum zu ihrem jeweiligen Kühlmittelauslass (32) verlaufen.
11. Pumpe nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Rückleitungs-kanal (40) des Kühlmittelkreislaufs (25) durch mehrere Statorelemente (14) hindurch verläuft, die die Seitenkanäle (16) der Seitenkanalpumpstufen (12) begrenzen.
12. Pumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlmittel-
- kreislauf (25) über wenigstens ein wärmeleitendes Element (20) mit einem weiteren Kühlmittelkreislauf (42) wärmetauschend gekoppelt ist.
13. Pumpe, insbesondere Vakuumpumpe (10), mit wenigstens einer Seitenkanalpumpstufe (12), die einen durch zumindest ein Statorelement (14) begrenzten Seitenkanal (16) umfasst, mit einem Motor (22), mit einer Antriebselektronik (20) für den Motor (22) und mit einem Kühlmittelkreislauf (25) zur Kühlung der Pumpe (10) mit einem Kühlmittel, wobei der Kühlmittelkreislauf (25) wenigstens einen ersten Kühlmittelkanal (18) für die Seitenkanalpumpstufe (12) und wenigstens einen zweiten Kühlmittelkanal (26) für den Motor (22) und/oder für die Antriebselektronik (20) umfasst.
14. Pumpe nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Kühlmittelkanal (18) und der zweite Kühlmittelkanal (26) in Reihe oder parallel miteinander kühlmittelleitend verbunden sind.



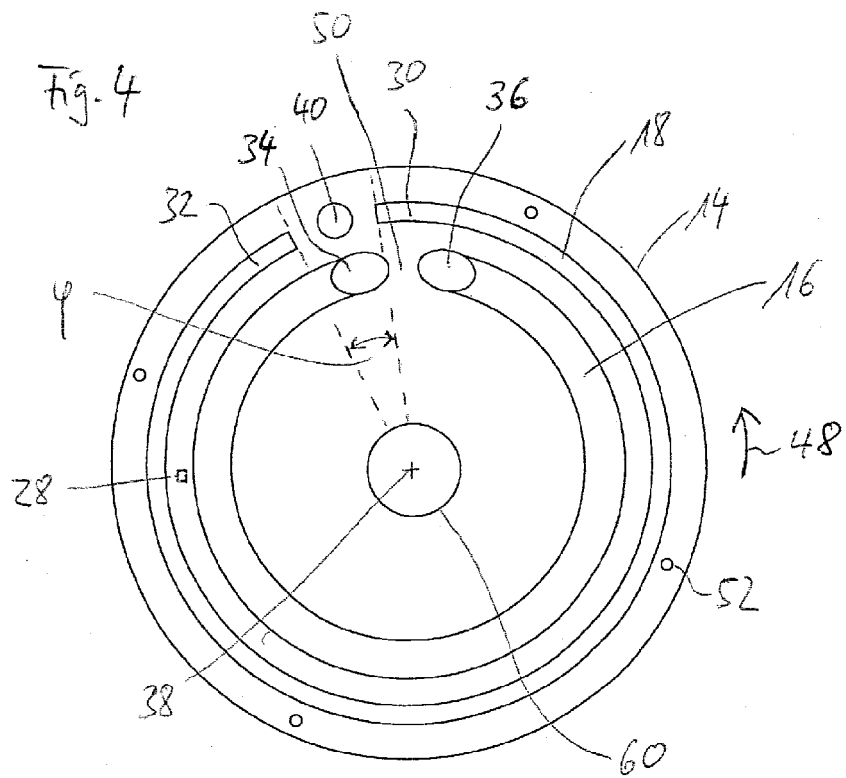
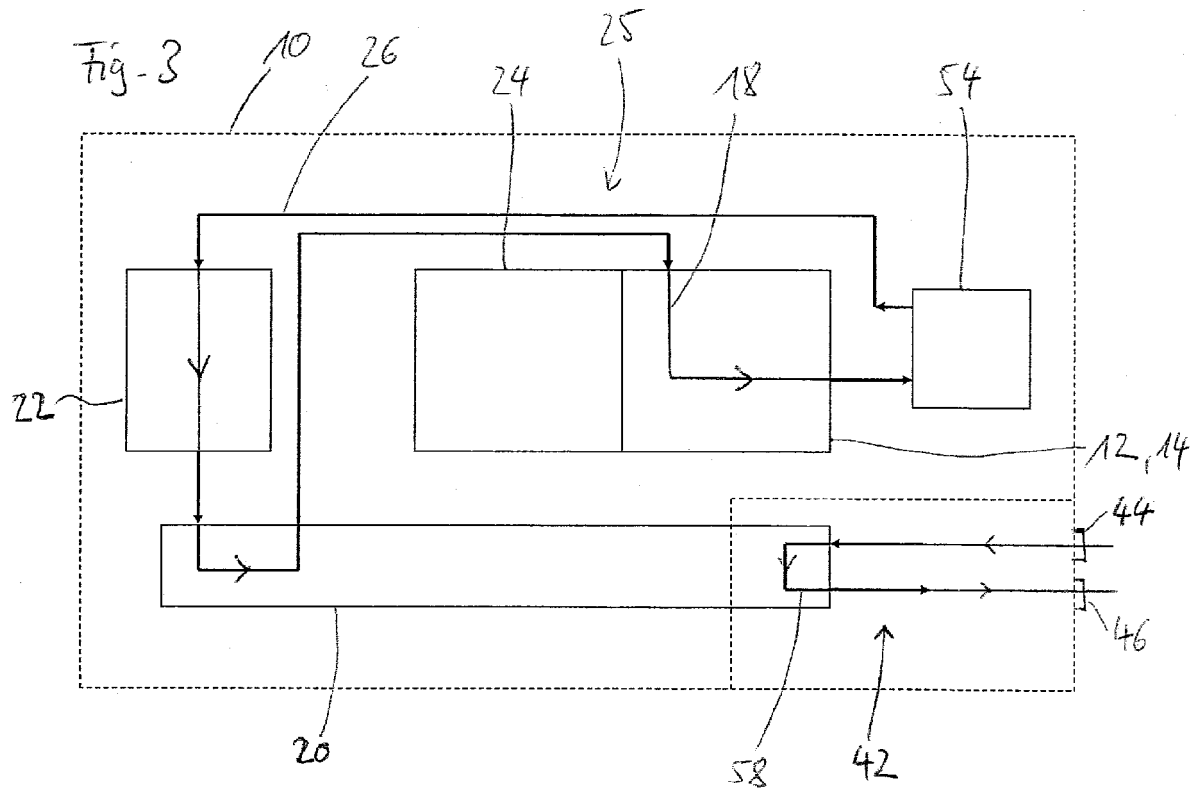


Fig. 5

