



(10) **DE 10 2021 101 627 A1** 2022.07.28

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 101 627.4**

(22) Anmeldetag: **26.01.2021**

(43) Offenlegungstag: **28.07.2022**

(51) Int Cl.: **F04C 18/02 (2006.01)**

F04C 29/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

Sanden International (Europe) GmbH, Frankfurt, DE

(74) Vertreter:

Keil & Schaafhausen Patentanwälte PartGmbH, 60323 Frankfurt, DE

(72) Erfinder:

Wagner, Manuel, 78559 Gosheim, DE

(56) Ermittelte Stand der Technik:

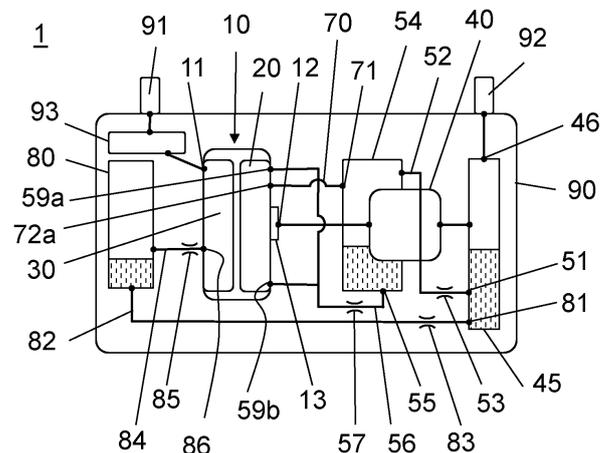
DE	36 03 546	A1
DE	10 2017 125 968	A1
DE	11 2018 006 076	T5
US	2010 / 0 101 270	A1
US	6 059 540	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Spiralverdichter mit direkter Ölrückführung von einem Ölabscheider in einen Kompressionsabschnitt**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Spiralverdichter (1) zur Kompression eines Fluids, umfassend einen Kompressionsabschnitt (10) mit einem Einlass (11) des Kompressionsabschnitts (10) zur Ansaugung des Fluids in den Kompressionsabschnitt (10), einem Auslass (12) des Kompressionsabschnitts (10) zum Ausstoßen des komprimierten Fluids aus dem Kompressionsabschnitt (10), einer Stationärscheibe (20) mit einer Stationärspirale (21) und einer Orbitierscheibe (30) mit einer Orbitierspirale (31). Die Orbitierscheibe (30) ist relativ zu der Stationärscheibe (20) entlang einer Kompressionsrichtung (100) orbitierbar, um das Fluid von dem Einlass (11) des Kompressionsabschnitts (10) zu dem Auslass (12) des Kompressionsabschnitts (10) zu befördern und dabei zu komprimieren. Der Spiralverdichter (1) umfasst außerdem einen Ölabscheider (45) zum Abscheiden von Öl aus dem komprimierten Fluid. Um einen effizienten Betrieb zu ermöglichen und eine höhere Zuverlässigkeit zu erreichen, weist der Spiralverdichter (1) zusätzlich eine direkte Ölrückführung (50) zur direkten Rückführung von Öl aus dem Ölabscheider (45) in den Kompressionsabschnitt (10) auf, wobei die direkte Ölrückführung (50) zumindest eine Mündungsöffnung (59a, 59b) aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Spiralverdichter zur Kompression eines Fluids mit einem Kompressionsabschnitt, welcher einen Einlass des Kompressionsabschnitts zur Ansaugung des Fluids in den Kompressionsabschnitt, einen Auslass des Kompressionsabschnitts zum Ausstoßen des komprimierten Fluids aus dem Kompressionsabschnitt, eine Stationärscheibe mit einer Stationärspirale, und eine Orbitierscheibe mit einer Orbitierspirale aufweist.

[0002] Spiralverdichter finden beispielsweise Anwendung als Kompressoren in Klimaanlage, insbesondere in Klimaanlage für Kraftfahrzeuge. Des Weiteren werden sie als Wärmepumpen eingesetzt. Sie zeichnen sich gegenüber anderen Arten von Verdichtern durch einen besonders gleichförmigen, vibrationsarmen und ruhigen Lauf aus.

[0003] Der Kompressionsabschnitt bildet den Kern des Spiralverdichters (in englischer Sprache: scroll compressor). Indem die Orbitierscheibe relativ zu der Stationärscheibe orbitiert, wird das Fluid - insbesondere ein Gas bzw. Gasgemisch - verdichtet. Dazu sind die Orbitierspirale und die Stationärspirale derart ineinander verschachtelt angeordnet, dass sie zwischen sich Kompressionsräume für das Fluid bilden. Bezogen auf die Stationärspirale bewegt sich jeder Kompressionsraum mit dem darin eingeschlossenen Fluid von einem äußeren Bereich der Stationärspirale bis zu deren Zentrum. Dabei wird der für das Fluid zur Verfügung stehende Raum zunehmend geringer und das Fluid wird verdichtet.

[0004] Im Betrieb wird ein Maximaldruck des Fluids an dem Auslass des Kompressionsabschnitts erreicht. Das Fluid gelangt mit einem Ansaugdruck in den Kompressionsabschnitt und wird mit einem deutlichen höheren Auslassdruck aus ihm ausgestoßen.

[0005] Das Fluid, das zwischen der Orbitierscheibe und der Stationärscheibe zunehmend komprimiert wird, drückt die Orbitierscheibe und die Stationärscheibe auseinander. Auf die Orbitierscheibe wirkt deshalb eine Abhebekraft. Die Stärke der Abhebekraft hängt insbesondere von dem Ansaugdruck, dem Auslassdruck und der Geometrie des Kompressionsabschnitts zusammen. Typischerweise hat eine Veränderung des Auslassdrucks einen deutlicheren Einfluss auf den Anpressdruck als eine Änderung des Ansaugdrucks.

[0006] Um eine hohe Kompression zu erreichen, müssen die durch das Ineinandergreifen der Stationärscheibe und der Orbitierscheibe gebildeten und zum Zentrum verschobenen Kompressionsräume ausreichend dicht abgeschlossen sein. Damit die

Orbitierscheibe fest und dichtend auf die Stationärscheibe gedrückt wird und kein Fluid aus dem Kompressionsabschnitt austritt, wird die Orbitierscheibe mit einem auf ihrer der Stationärscheibe gegenüberliegenden Rückseite mit einem Anpressdruck beaufschlagt. Dazu ist auf der Rückseite der Orbitierscheibe eine Anpressdruckkammer vorgesehen. Der Anpressdruck drückt die Orbitierscheibe mit einer Anpresskraft in Richtung der Stationärscheibe.

[0007] Das Eingreifen der Orbitierspirale in die Stationärscheibe und das Eingreifen der Stationärspirale in die Orbitierscheibe sorgen im Betrieb für Reibung. Elektrisch angetriebene Spiralverdichter arbeiten typischerweise in einem Drehzahlbereich von 500 bis 12000 min⁻¹. Eine hohe Reibung macht sich dabei durch eine verschlechterte Effizienz bemerkbar.

[0008] In die Anpressdruckkammer wird Öl geführt, um die Orbitierscheibe zu schmieren. Ferner kann eine Ölzuleitung von der Anpressdruckkammer durch die Orbitierscheibe ausgebildet sein. Durch die Ölzuleitung kann Öl aus der Anpressdruckkammer zwischen die Stationärscheibe und die Orbitierscheibe strömen.

[0009] In dem von dem Spiralverdichter ausgelassenen Fluids sollte möglichst wenig Öl enthalten sein. Eine übermäßige Menge von Öl in dem ausgelassenen Fluid kann die Effizienz von stromabwärtigen Komponenten, zu welchen das ausgelassene Fluid weiterströmt, führen. Beispielsweise kann sich die Effizienz eines Kältemittelkreislaufs mit zunehmender Beimischung von Öl verschlechtern.

[0010] Typischerweise ist in einem Kältemittelkreislauf der Spiralverdichter die einzige Komponente, welche innerhalb des Kältemittelkreislaufs selbst Öl für die Schmierung mechanisch beanspruchter Teile benötigt. In der Regel kann ein Kältekreislauf in unterschiedlichen Betriebszuständen betrieben werden. Die Effizienz des Kältekreislaufes ist maßgeblich von dessen Betriebszustand abhängig. Durch eine übermäßige Menge von Öl können beispielsweise Flächen innerhalb von Wärmetauschern mit Öl benetzt werden. Dadurch verringert sich ein Wärmeübergangskoeffizient im jeweiligen Wärmetauscher. Folglich sinken die Effizienzen von Verdampfer und Kondensator. In der Folge muss der Kältemittelkreislauf insgesamt mit einem höheren Druckverhältnisses betrieben werden, um eine geforderte Kälteleistung zu erbringen. Eine übermäßige Menge von Öl reduziert somit die Gesamteffizienz und erhöht die Beanspruchung der mechanischen Komponenten innerhalb des Spiralverdichters aufgrund des erhöhten Druckverhältnisses.

[0011] Deshalb wird das komprimierte Fluid nach dem Kompressionsabschnitt durch einen Ölabschei-

der geleitet. Der Ölabscheider trennt das Öl zumindest teilweise von dem komprimierten Fluid. Das abgeschiedene Öl wird über eine (zweite) Ölrückführung in die Anpressdruckkammer zurückgeleitet.

[0012] Während des Betriebs des Spiralverdichters unterliegt das Öl in der Anpressdruckkammer dem Anpressdruck. Eine Mündungsöffnung der Ölzuleitung wird in einem mittleren Bereich eines Verdichterkannals der Orbitierscheibe, welcher durch die Orbitierspirale auf der Orbitierscheibe ausgebildet wird, angeordnet. Aufgrund dieser Positionierung und einem kontinuierlichen Massenstrom eines Gemischs aus Öl und Kältemittel, das von einer Hochdruckseite kommt, stellt sich in der Anpressdruckkammer ein Anpressdruck auf einem mittleren Druckniveau ein. Der Anpressdruck drückt die Orbitierscheibe mit einer Anpresskraft in Richtung der Stationärscheibe. Die Positionierung im mittleren Bereich ist maßgeblich dafür verantwortlich, dass sich ein gewünschter und ausreichend großer Anpressdruck einstellt. Der Anpressdruck ist variabel und abhängig von den Betriebsdrücken. Dadurch wird eine Abdichtung zwischen Stationärscheibe und der Orbitierscheibe in allen Betriebspunkten sichergestellt und die Reibung möglichst gering gehalten.

[0013] Aufgrund dieser Positionierung der Mündungsöffnung der Ölzuleitung werden die radial äußeren Bereiche zwischen der Stationärscheibe und der Orbitierscheibe jedoch nicht optimal mit Öl versorgt. Daraus resultieren eine erhöhte Reibung, eine Beeinträchtigung der Effizienz und unter Umständen auch für eine geringere Lebensdauer des Spiralverdichters.

[0014] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Spiralverdichter zu schaffen, der einen effizienteren Betrieb ermöglicht und eine höhere Zuverlässigkeit aufweist.

[0015] Die obige Aufgabe wird gelöst durch einen Spiralverdichter zur Kompression eines Fluids mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0016] Der Spiralverdichter zur Kompression eines Fluids umfasst:

einen Kompressionsabschnitt aufweisend

- einen Einlass des Kompressionsabschnitts zur Ansaugung des Fluids in den Kompressionsabschnitt,
- einen Auslass des Kompressionsabschnitts zum Ausstoßen des komprimierten Fluids aus dem Kompressionsabschnitt,
- eine Stationärscheibe mit einer Stationärspirale, und

- eine Orbitierscheibe mit einer Orbitierspirale, wobei die Orbitierscheibe relativ zu der Stationärscheibe entlang einer Kompressionsrichtung orbitierbar ist, um das Fluid von dem Einlass des Kompressionsabschnitts zu dem Auslass des Kompressionsabschnitts zu befördern und dabei zu komprimieren; und

einen Ölabscheider zum Abscheiden von Öl aus dem komprimierten Fluid;

wobei der Spiralverdichter eine direkte Ölrückführung zur direkten Rückführung von Öl aus dem Ölabscheider in den Kompressionsabschnitt aufweist, wobei die direkte Ölrückführung zumindest eine Mündungsöffnung aufweist.

[0017] Die direkte Ölrückführung führt im Betrieb kontinuierlich Öl aus dem Ölabscheider in den Kompressionsabschnitt zurück. Das verringert die Reibung in dem Kompressionsabschnitt. So ermöglicht die direkte Ölrückführung einen effizienteren Betrieb des Spiralverdichters. Zudem wird der Verschleiß in dem Kompressionsabschnitt verringert. Das erhöht die Zuverlässigkeit und die Lebensdauer des Spiralverdichters.

[0018] Im Betrieb ist der Ölabscheider (zumindest im Wesentlichen) mit dem Auslassdruck beaufschlagt. Die Erfindung macht sich eine Differenz zwischen dem Druck in dem Ölabscheider und dem Druck des Fluids an der Mündungsöffnung zunutze, um das Öl aus dem Ölabscheider direkt und gezielt in den Kompressionsabschnitt zurückzuführen. Ein entscheidender Vorteil besteht darin, dass die Ölströmung durch die direkte Ölrückführung von einem Druckverhältnis des Auslassdrucks zu dem Ansaugdruck getrieben wird. Die Menge des zurückgeführten Öls hängt wesentlich von diesem Druckverhältnis ab. Beispielsweise ist diese Menge bei einem Ansaugdruck von 3 bar und einem Auslassdruck von 15 bar bei einer Drehzahl von 600 min^{-1} gleich wie bei einem Ansaugdruck von 3 bar, einem Auslassdruck von 15 bar aber einer Drehzahl von 8500 min^{-1} .

[0019] Die Menge des durch die direkte Ölrückführung zurückgeführten Öls ist (zumindest im Wesentlichen) unabhängig von der Drehzahl des Spiralverdichters und (zumindest im Wesentlichen) unabhängig vom genauen Auslassdruck. Auch bei niedrigen Drehzahlen führt die direkte Ölrückführung eine ausreichende Menge von Öl in den Kompressionsabschnitt zurück. Die direkte Ölrückführung und ist damit für die Schmierung des Kompressionsabschnitts in unterschiedlichsten Lastzustände des Spiralverdichters geeignet. Insbesondere verbessert sie die Schmierung bei niedrigen Drehzahlen.

[0020] Weiterhin funktioniert die direkte Ölrückführung unabhängig vom Anpressdruck. Selbst wenn der Anpressdruck fällt, führt die direkte Ölrückführung weiter Öl zu dem Kompressionsabschnitt zurück, solange der Auslassdruck ausreichend groß bleibt.

[0021] Zudem wird das Öl besser in dem Spiralverdichter gehalten. Der Einlassbereich muss nicht mehr durch Öl versorgt werden, dass aus einer Anpressdruckkammer vorbei in den Kompressionsabschnitt kriecht oder durch einen externen Teil eines Kältemittelkreislaufs hindurch zum Einlass der Kompressionseinheit geführt wird. Als externer Teil des Kältemittelkreislaufs werden diejenigen Bereiche des Kältemittelkreislaufs verstanden, die sich außerhalb des Spiralverdichters befinden. Das Fluid hinter dem Ölabscheider enthält weniger Öl. Es wird weniger Öl durch den externen Teil des Kältemittelkreislaufs geführt. Typischerweise sorgt einen höheren Anteil von Öl in dem Fluid in einem externen Teil des Kältemittelkreislaufs für schlechtere thermodynamische Eigenschaften des Kältemittel-Öl-Gemischs. Die vorgeschlagene direkte Ölrückführung verringert eine Ölzirkulationsrate (englisch Oil Circulation Ratio, abgekürzt OCR) des Kältemittelkreislaufs deutlich. Die direkte Ölzuführung bringt das Öl punktgenau in einen Einlassbereich der Kompressionseinheit. Dadurch verbessert sich die Effizienz des Kältemittelkreislaufs.

[0022] Insbesondere bei niedrigen Drehzahlen besteht bei herkömmlichen Spiralverdichtern aufgrund des geringen Massenstroms des Kältemittels durch den externen Teil des Kältemittelkreislaufs ein erhöhtes Risiko, dass Öl ungewollt im externen Teil des Kältemittelkreislaufs verbleibt.

[0023] Umgekehrt erhöht sich der Anteil des Öls, dass im Betrieb innerhalb des Spiralverdichters und insbesondere innerhalb des Kompressionsabschnitts zur Schmierung zur Verfügung steht. Die aktive, direkte Ölrückführung verringert die für den Betrieb des Spiralverdichters notwendige Gesamtmenge an Öl. Das senkt die Kosten und verringert das Gewicht des Kältemittelkreislaufs. Als Folge davon steigt beispielsweise die Effizienz eines Fahrzeugs, in welches der Spiralverdichter aufgenommen ist.

[0024] Der Auslass der Kompressionseinheit ist zumindest im Wesentlichen in einem Zentrum der Stationärscheibe angeordnet. Insbesondere kann Auslass der Kompressionseinheit genau in dem Zentrum der Stationärscheibe angeordnet sein.

[0025] Die Stationärspirale bildet einen spiralförmigen Verdichterkanal (der Stationärscheibe) aus, der sich von einem äußeren Ende der Stationärspirale bis zu einem inneren Ende der Stationärspirale

erstreckt. Das innere Ende der Stationärspirale liegt an einem Zentrum der Stationärspirale. Es liegt an einer Auslassöffnung der Stationärscheibe. Der Auslass des Kompressionsabschnitts umfasst diese Auslassöffnung. Insbesondere kann diese Auslassöffnung den Auslass des Kompressionsabschnitts ausbilden.

[0026] Die Stationärspirale kann auf einer Stationärgrundfläche der Stationärscheibe angeordnet sein. Die Stationärspirale kann aus einer Wand gebildet sein, die sich parallel zu einer Mittelachse der Stationärscheibe von der Stationärgrundfläche aus von der Stationärgrundfläche weg erstreckt. Bevorzugt ist eine entlang dieser Mittelachse von der Stationärgrundfläche abgewandte Stirnfläche der Stationärspirale flach und parallel zu der Stationärgrundfläche ausgebildet.

[0027] Die Auslassöffnung kann ein Loch in der Stationärgrundfläche umfassen. Insbesondere kann die Auslassöffnung als Loch in der Stationärgrundfläche ausgebildet sein.

[0028] Analog bildet die Orbitierspirale bildet einen spiralförmigen Verdichterkanal der Orbitierscheibe aus, der sich von einem äußeren Ende der Orbitierspirale bis zu einem inneren Ende der Orbitierspirale erstreckt. Der Begriff „Verdichterkanal“ ohne weitere Ergänzung bezieht sich in dieser Offenbarung und in den Ansprüchen immer nur auf den Verdichterkanal der Stationärscheibe, sofern nichts anderes explizit angegeben ist und sofern sich nicht aus dem Zusammenhang zwingend etwas anderes ergibt.

[0029] Die Orbitierspirale kann auf einer Orbitiergrundfläche der Orbitierscheibe angeordnet sein. Die Orbitierspirale kann aus einer Wand gebildet sein, die sich parallel zu einer Mittelachse der Orbitierscheibe von der Orbitiergrundfläche aus von der Orbitiergrundfläche weg erstreckt. Bevorzugt ist eine entlang dieser Mittelachse (der Orbitierscheibe) von der Orbitiergrundfläche abgewandte Stirnfläche der Orbitierspirale flach und parallel zu der Orbitiergrundfläche ausgebildet. Die Orbitiergrundfläche kann parallel zu der Stationärgrundfläche sein.

[0030] Die Stationärspirale und die Orbitierspirale können jeweils genau einen Spiralarm aufweisen.

[0031] Der Spiralverdichter weist einen Orbitiermechanismus zum Orbitieren der Orbitierscheibe relativ zu der Stationärscheibe auf. Beim Orbitieren wird die Orbitierscheibe relativ zu der Stationärscheibe entlang einer zumindest im Wesentlichen kreisförmigen Bahn exzentrisch verschoben. Bevorzugt wird dabei die Mittelachse der Orbitierscheibe kreisförmig um die Mittelachse der Stationärscheibe bewegt. Die Mittelachse der Stationärscheibe kann senkrecht auf der Stationärgrundfläche stehen. Sie kann sich

durch ein Zentrum der Stationärscheibe und/oder ein Zentrum der Stationärspirale erstrecken. Insbesondere können das Zentrum der Stationärspirale das Zentrum der Stationärscheibe bilden und umgekehrt.

[0032] Im Betrieb (Kompressorbetrieb) wird zwischen der Orbitierspirale und der Stationärspirale mindestens ein Kompressionsraum ausgebildet. Das angesaugte Fluid wird in dem Kompressionsraum eingeschlossen, in dem Kompressionsraum komprimiert, in Richtung der Auslassöffnung der Stationärscheibe bewegt und schließlich in diese Auslassöffnung gedrückt.

[0033] Ein Ansaugbereich des Verdichterkanals setzt sich aus allen Bereichen des Verdichterkanals zusammen, die zumindest zeitweise in unmittelbarer Fluidverbindung mit dem Einlass des Kompressionsabschnitts stehen, wenn die Orbitierscheibe relativ zu der Stationärscheibe entlang der Kompressionsrichtung orbitiert. Ein Auslassbereich des Verdichterkanals setzt sich zusammen aus allen Bereichen des Verdichterkanals, die zumindest zeitweise in unmittelbarer Fluidverbindung dem Auslass des Kompressionsabschnitts stehen, wenn die Orbitierscheibe relativ zu der Stationärscheibe entlang der Kompressionsrichtung orbitiert. Ein Mittelbereich des Verdichterkanals setzt sich aus allen Bereichen des Verdichterkanals, die weder mit dem Einlass des Kompressionsabschnitts noch mit dem Auslass des Kompressionsabschnitts in unmittelbarer Fluidverbindung stehen können. Diese Definitionen gelten sowohl für den Verdichterkanal der Stationärscheibe als auch für den Verdichterkanal der Orbitierscheibe.

[0034] Im Sinne dieser Anmeldung bezeichnet eine innerste Windung oder erste Windung einer jeweiligen Spirale einen Bereich dieser Spirale, welcher sich von ihrem inneren Ende bis zu dem Punkt erstreckt, an dem sie ihr Zentrum einmal umschlungen hat.

[0035] Dem inneren Ende der Stationärspirale ist ein Positionswinkel von 0° zugeordnet. Der Positionswinkel nimmt bis zum äußeren Ende der Stationärspirale entlang der Erstreckung der Stationärspirale kontinuierlich zu. Ein Spiralwinkel der Stationärspirale ist durch ihr äußeres Ende gegeben. Der Spiralwinkel entspricht also dem größten Positionswinkel der Stationärspirale.

[0036] Dies wird beispielhaft für eine Stationärspirale mit zwei Windungen erläutert: Die erste Windung der Stationärspirale beginnt mit dem inneren Ende der Stationärspirale bei einem Positionswinkel von 0° und endet bei einem Positionswinkel von 360° . Die zweite und äußerste Windung beginnt bei einem Positionswinkel von 360° und endet bei Spiral-

winkel von 720° mit dem äußeren Ende der Stationärspirale.

[0037] Entsprechend werden Positionswinkel in dem Verdichterkanal definiert. Ein äußeres Ende des spiralförmigen Verdichterkanals ist durch eine Einlassöffnung des Verdichterkanals festgelegt, welche zwischen dem äußeren Ende der Stationärspirale und einem inneren Anfang der äußersten Windung der Stationärspirale gebildet ist.

[0038] Im Sinne dieser Anmeldung ist eine Außenseite eines Bereichs einer jeweiligen Spirale eine dem Zentrum der Spirale in der radialen Richtung abgewandte Seite dieses Bereichs der Spirale. Entsprechend ist eine Innenseite dieses Bereichs der Spirale eine dem Zentrum der Spirale in der radialen Richtung zugewandte Seite dieses Bereichs der Spirale.

[0039] Der Kompressionsabschnitt kann innenseitig geführte Kompressionsräume und außenseitig geführte Kompressionsräume ausbilden. Ein innenseitig geführter Kompressionsraum wird an der Außenseite des Stationärspirale gebildet und entlanggeführt. Ein außenseitig geführter Kompressionsraum wird an der Außenseite der Stationärspirale gebildet und entlanggeführt.

[0040] An dieser Stelle sei betont, dass die Definitionen bezüglich des Verdichterkanals unabhängig von der Definition des Kompressionsraums ist. Insbesondere braucht sich der Kompressionsraum nicht zu jeder Zeit vollständig in dem Verdichterkanal der Stationärscheibe zu befinden. Beispielsweise kann der Kompressionsraum dadurch gebildet werden, dass das äußere Ende der Orbitierspirale mit einer Außenseite der äußersten Windung der Stationärspirale in Kontakt tritt. Durch diese Abdichtung wird ein innenseitig geführter Kompressionsraum geschlossen und abgedichtet. Der neu gebildete, innenseitig geführte Kompressionsraum kann zu diesem Zeitpunkt noch (teilweise) außerhalb des Verdichterkanals der Stationärscheibe liegen. Ein außenseitig geführter Kompressionsraum wird dagegen geschlossen, indem eine Außenseite der Orbitierspirale mit dem äußeren Ende der Stationärspirale in Kontakt tritt. Der neu gebildete, außenseitig geführte Kompressionsraum liegt zu diesem Zeitpunkt schon vollständig innerhalb des Verdichterkanals. Er wird an einer Außenseite des Verdichterkanals geführt. Mit anderen Worten wird die Außenseite des Verdichterkanals durch die Innenseite der Stationärspirale gebildet.

[0041] Im Betrieb liegt an dem Einlass des Kompressionsabschnitts ein Ansaugdruck an und an dem Auslass des Kompressionsabschnitts herrscht ein Auslassdruck. Bevorzugt liegt der Ansaugdruck im Betrieb im Bereich von 1 bar bis 7 bar. Alternativ oder zusätzlich liegt der Auslassdruck im Betrieb im

Bereich von 8 bar bis 32 bar. Der genaue Ansaugdruck und der genaue Auslassdruck können sich abhängig vom verwendeten Fluid und vom genauen Betriebszustand unterscheiden.

[0042] Der Ansaugdruck und der Auslassdruck können im Betrieb durch ein an den Spiralverdichter angeschlossenes System bestimmt sein, welches von dem im Spiralverdichter komprimierten Fluid durchströmt wird. Bei einem solchen System kann es sich beispielsweise um einen Wärmetauscher einer Klimaanlage handeln.

[0043] Ein maximaler Auslassdruck des Spiralverdichters ergibt sich aus der Geometrie des Kompressionsabschnitts und dem jeweiligen Ansaugdruck. Darüber hinaus kann ein Totvolumen der Auslassöffnung der Stationärscheibe (Auslassbohrung) den maximalen Auslassdruck beeinflussen. Je höher der Ansaugdruck ist, desto höher ist der maximale Auslassdruck. Bei gegebenem Ansaugdruck ergibt sich der maximale Auslassdruck aus der in dem Kompressionsabschnitt geometriebedingt erreichbaren Kompression des Fluids anhand der bekannten Fluidgleichungen, beispielsweise der Gleichung für ideale Gase oder der Van-der-Waals-Gleichung. Der (tatsächliche) Auslassdruck liegt in der Regel niedriger als der maximale Auslassdruck.

[0044] Der Einlass des Kompressionsabschnitts kann mehrere Teilbereiche umfassen. Insbesondere kann der Einlass einen ersten Einlass-Teilbereich, durch welchen die radial innenseitig geführte Kompressionsräume mit Fluid versorgt werden, und einen zweiten Einlass-Teilbereich, durch welchen radial außenseitig geführte Kompressionsräume mit Fluid versorgt werden, aufweisen. Die Teilbereiche können räumlich voneinander getrennt sein, beispielsweise in einem radial äußeren Bereich des Kompressionsabschnitts an zwei gegenüberliegenden Seiten.

[0045] Die direkte Ölrückführung dient zur unmittelbaren, direkten Rückführung von Öl aus dem Ölabscheider direkt in den Kompressionsabschnitt. Die direkte Ölrückführung erstreckt sich von dem Ölabscheider unmittelbar zu dem Kompressionsabschnitt.

[0046] Im Betrieb wird Öl von dem Druck aus dem Ölabscheider in die direkte Ölrückführung gedrückt. Dieses Öl fließt entlang einer Strömungsrichtung des Öls durch die direkte Ölrückführung hindurch und tritt aus der Mündungsöffnung der direkten Ölrückführung in den Kompressionsabschnitt aus. Das derart zurückgeführte Öl dient zur Schmierung des Kompressionsabschnitts.

[0047] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Mündungsöffnung (der direkten

Ölrückführung) in einem Einlassbereich des Kompressionsabschnitts angeordnet, welcher im Betrieb zumindest zweitweise in unmittelbarer Fluidverbindung mit dem Einlass des Kompressionsabschnitts steht. Das stellt eine besonders gute Schmierung auch in den radial äußeren Bereichen der Orbitierspirale und der Stationärspirale sicher.

[0048] In Abhängigkeit von der genauen Positionierung der Mündungsöffnung ist es beispielsweise möglich, dass die Mündungsöffnung im Betrieb zeitweilig von der Orbitierspirale überstrichen und verdeckt wird. Zu diesem Zeitpunkt steht die Mündungsöffnung dann nicht in unmittelbarer Fluidverbindung mit dem Einlass. Es ist auch möglich, dass die Mündungsöffnung während eines vollständigen Umlaufs der Orbitierscheibe in einem ersten Zeitabschnitt in direkter Fluidverbindung mit dem Einlass steht, in einem zweiten Zeitabschnitt von der Orbitierspirale überstrichen wird, in einem dritten Zeitabschnitt mit einem Kompressionsraum in Verbindung steht und in einem vierten Zeitabschnitt wieder von der Orbitierspirale überstrichen wird.

[0049] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird die Mündungsöffnung zu keinem Zeitpunkt von dem Kompressionsraum (bzw. irgendeinem der mehreren Kompressionsräume) überstrichen.

[0050] Alternativ oder zusätzlich wird die Mündungsöffnung während eines kompletten Umlaufs der Orbitierspirale besonders bevorzugt genau einmal von der Orbitierspirale überstrichen.

[0051] Die Mündungsöffnung der direkten Ölrückführung ist bevorzugt in der Stationärscheibe angeordnet. Das senkt die Komplexität und vereinfacht die Herstellung der direkten Ölrückführung. Insbesondere kann die Mündungsöffnung vollständig in der Stationärgrundfläche angeordnet sein. Alternativ kann die Mündungsöffnung ganz oder teilweise in der Innenseite oder der Außenseite der Stationärspirale angeordnet sein. Solche Varianten sind schwieriger zu fertigen. Dafür kann dadurch die Schmierung an der Innenseite bzw. der Außenseite der Stationärspirale noch weiter verbessert werden.

[0052] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die die Mündungsöffnung der direkten Ölrückführung in dem Ansaugbereich des Verdichterkanals (der Stationärspirale) angeordnet, welcher im Betrieb zumindest zweitweise in unmittelbarer Fluidverbindung mit dem Einlass des Kompressionsabschnitts steht, und/oder außerhalb des Verdichterkanals angeordnet. Wenn die Mündungsöffnung an dem äußeren Ende des Verdichterkanals angeordnet ist, kann ein erster Teilbereich der Mündungsöffnung in dem Verdichterkanal angeordnet sein und

ein zweiter Teilbereich der Mündungsöffnung kann außerhalb des Verdichterkanals angeordnet sein.

[0053] Gemäß einem anderen Aspekt ist die Mündungsöffnung der direkten Ölrückführung bevorzugt an einem Positionswinkel in einem Bereich von $\gamma - 30^\circ$ und $\gamma + 30^\circ$ angeordnet, wobei γ ein Positionswinkel des äußeren Endes des Verdichterkanals ist. Die Mündungsöffnung kann in diesem Fall zudem in einem radialen Abstand $R_{M,1}$ von dem Zentrum der Stationärscheibe angeordnet sein, wobei $R_{M,1}$ in einem Bereich zwischen $(R_i(\gamma) - B_K)$ und $R_i(\gamma)$ liegt, wobei $R_i(\gamma)$ ein radialer Abstand der Innenseite des Stationärspirale an dem äußeren Ende des Verdichterkanals (also an dem äußeren Ende der Stationärspirale) ist und B_K eine Breite des Verdichterkanals in der radialen Richtung an dem äußeren Ende des Verdichterkanals ist. In diesem Fall ist die Mündungsöffnung also nahe dem äußeren Ende (stromaufwärtigen Ende) des Verdichterkanals angeordnet. Die Mündungsöffnung wird dann während eines Umlaufs mindestens einmal von der Stirnfläche der Orbitierspirale überstrichen. Dadurch wird das aus der Mündungsöffnung austretende Öl besonders gut verteilt. Insbesondere kann $R_{M,1}$ in einem Bereich zwischen $(R_i(\gamma) - B_K/2)$ und $R_i(\gamma)$ liegen. Eine derart ausgeführte Mündungsöffnung trägt besonders gut zur Schmierung im Bereich außenseitig geführter Kompressionsräume bei.

[0054] Alternativ ist die Mündungsöffnung der direkten Ölrückführung bevorzugt außerhalb der Stationärspirale und an einem Positionswinkel angeordnet, der im Bereich von $\theta - 30^\circ$ bis $\theta + 30^\circ$ liegt; wobei $\theta = \gamma + 180^\circ$. Die Mündungsöffnung kann in diesem Fall zudem in einem radialen Abstand $R_{M,2}$ von dem Zentrum der Stationärscheibe angeordnet sein, wobei $R_{M,2}$ in einem Bereich von $R_A(\theta - 360^\circ)$ bis $R_A(\theta - 360^\circ) + B_K$ liegt, wobei $R_A(\theta - 360^\circ)$ ein radialer Abstand der Außenseite der Stationärspirale am Positionswinkel $\theta - 360^\circ$ ist. In dieser Ausführungsform ist die Mündungsöffnung also außerhalb der Stationärspirale und bezogen auf das Zentrum der Stationärspirale an einer dem äußeren Ende des Verdichterkanals entgegengesetzten Position angeordnet. Dadurch wird das aus der Mündungsöffnung austretende Öl besonders gut verteilt. Insbesondere kann $R_{M,2}$ in einem Bereich zwischen $R_A(\theta - 360^\circ)$ und $R_A(\theta - 360^\circ) + B_K/2$ liegen. Eine derart ausgeführte Mündungsöffnung trägt besonders gut zur Schmierung im Bereich der innenseitig geführten Kompressionsräume bei.

[0055] Besonders bevorzugt sind mehrere Mündungsöffnungen ausgebildet, wobei mindestens eine der mehreren Mündungsöffnungen entsprechend einer der Ausführungsformen gemäß dem vorletzten Aspekt ausgebildet ist und mindestens eine der mehreren Mündungsöffnungen entsprechend einer der Ausführungsformen gemäß dem

zuletzt beschriebenen Aspekt ausgebildet ist. Die Vorteile gelten jeweils entsprechend.

[0056] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfasst die direkte Ölrückführung ein erstes Stromventil. Das erste Stromventil ist (entlang der Strömungsrichtung des Öls in der direkten Ölrückführung gesehen) bevorzugt zwischen einem ersten Öleinlass der direkten Ölrückführung und der Mündungsöffnung angeordnet. Das erste Stromventil kann im Allgemeinen aber auch direkt an dem ersten Öleinlass oder an der Mündungsöffnung angeordnet sein. Das erste Stromventil kann insbesondere durch den ersten Öleinlass und/oder die zweite Mündungsöffnung selbst ausgebildet sein. Das erste Stromventil verringert den Massenstrom des Öls (gegebenenfalls mit darin gelöstem Fluid), welches durch die direkte Ölrückführung zurückgeführt wird.

[0057] Besonders bevorzugt ist das erste Stromventil als Drosselventil ausgeführt.

[0058] In dieser Anmeldung ist unter einem Drosselventil bevorzugt ein Element zu verstehen, welches eine Druckdifferenz zwischen Ventileingang und -ausgang erzeugt. Besonders bevorzugt kann es sich um ein ungeregeltes Drosselventil handeln. Es kann sich beispielsweise um eine Blende (englisch orifice) bzw. Düse (englisch nozzle) handeln. Das erlaubt eine einfache, kostengünstige und zuverlässige Implementierung.

[0059] Das erste Stromventil ist dazu eingerichtet, den Massenstrom des Öls (mitsamt dem gegebenenfalls darin gelösten Fluid) aus dem Ölabscheider zu reduzieren. Auf diese Weise kann ein Druck in der direkten Ölrückführung stromabwärts des ersten Stromventils (beispielsweise ein weiter unten beschriebene Zwischendruck und/oder ein weiter unten beschriebener Mündungsdruck) in einfacher Weise beeinflusst werden.

[0060] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst die direkte Ölrückführung das erste Stromventil und eine Ausgaskammer, die (entlang der vorgesehenen Strömungsrichtung des Öls in der direkten Ölrückführung gesehen) zwischen dem ersten Stromventil und der Mündungsöffnung der direkten Ölrückführung angeordnet ist. Mit anderen Worten ist die Ausgaskammer stromabwärts des ersten Stromventils und stromaufwärts der Mündungsöffnung angeordnet.

[0061] Die direkte Ölrückführung entnimmt im Betrieb kontinuierlich Öl aus dem Ölabscheider und speichert überschüssiges Öl in der Ausgaskammer. Die Ausgaskammer befindet sich in dem Spiralverdichter. Durch das kontinuierliche Abziehen des Öls aus dem Ölabscheider, beispielsweise am oder nahe an einem Boden des Ölabscheiders, und die aktive

Zwischenspeicherung des Öls wird die Effizienz des Abscheideprozesses maximiert. Die Menge an Öl, welches den Verdichter verlässt und in einen externen Kältemittelkreislauf gelangt, wird auf ein Minimum reduziert.

[0062] Wie zuvor erwähnt wurde, besteht insbesondere bei niedrigen Drehzahlen aufgrund des geringen Massenstroms des Kältemittels ein erhöhtes Risiko, dass Öl, welches vom Spiralverdichter in den externen Teil des Kältemittelkreislaufs ausgestoßen wurde, ungewollt im externen Teil des Kältemittelkreislaufs verbleibt. Selbst in einem solchen Fall stellt das Öl aus der Ausgaskammer die Ölversorgung des Spiralverdichters weiter sicher, bis sich das System wieder im Gleichgewicht befindet. Ändert sich dann ein Betriebspunkt zu einem Hochlastpunkt, wird das zuvor im externen Teil des Kältemittelkreislaufs gefangene Öl durch den hohen Massestrom des Kältemittels wieder zurück in den Spiralverdichter mitgeführt und wieder im Spiralverdichter gesammelt und zwischengespeichert. Dadurch justiert sich das System selbst: Es nimmt bzw. gibt Öl je nach Bedarf auf oder ab.

[0063] Im Betrieb ist der Ölabscheider (zumindest im Wesentlichen) mit dem Auslassdruck beaufschlagt. Dadurch besteht eine hohe Löslichkeit für das Fluid in dem flüssigen Öl in dem Ölabscheider. Das erste Stromventil verringert den Massestrom des Öls (mitsamt dem gegebenenfalls darin gelösten Fluid) aus dem Ölabscheider. Das hilft dabei, dass sich der Zwischendruck in der Ausgaskammer auf einen niedrigeren Wert einstellt als der Auslassdruck. Damit sinkt auch die Löslichkeit für das Fluid in dem Öl. Stromabwärts des ersten Stromventils kann das Öl mit Fluid übersättigt sein. In der Ausgaskammer kann sich der Übersättigungsanteil des in dem Öl befindlichen Fluids (zumindest teilweise) kontrolliert von dem Öl separieren. Das vermindert die Gefahr von unkontrollierter, starker Bildung von Blasen des Fluids in dem Öl stromabwärts der Ausgaskammer. Wenn der Übersättigungsanteil des Fluids komplett von dem Öl separiert ist, befindet sich maximal gerade so viel Fluid in dem Öl, wie unter den gegebenen Bedingungen im Gleichgewicht in dem Öl lösbar ist (Sättigungsanteil des Fluids in dem Öl).

[0064] Von dem Ölabscheider führt eine erste Fluidverbindung der direkten Ölrückführung zu der Ausgaskammer. Das erste Stromventil kann in dieser ersten Fluidverbindung angeordnet sein. Von der Ausgaskammer führt eine zweite Fluidverbindung der direkten Ölrückführung zu der Mündungsöffnung.

[0065] Bevorzugt ist der Spiralverdichter dazu eingerichtet, dass (im Betrieb) ein Zwischendruck in der Ausgaskammer in einem Bereich von 0,2 bar bis 6 bar über dem Ansaugdruck (des Kompressions-

abschnitts bzw. des Spiralverdichters) liegt, außerordentlich bevorzugt in einem Bereich von 0,3 bar bis 5 bar über dem Ansaugdruck. Der genaue Zwischendruck kann beispielsweise durch das erste Drosselventil und/oder durch eine Fluidrückführung, die weiter unten beschrieben wird, beeinflusst sein.

[0066] Dadurch ist sichergestellt, dass genug Öl aus der Mündungsöffnung der direkten Ölrückführung austritt. Außerdem ist sichergestellt, dass kein Fluid entgegen der Stromrichtung des Öls in der direkten Ölrückführung durch die direkte Ölrückführung strömt. Ein zu hohes Druckgefälle zwischen dem Zwischendruck und dem Ansaugdruck könnte dazu führen, dass zu viel Öl aus der Ausgaskammer in den Kompressionsabschnitt strömt.

[0067] Alternativ oder zusätzlich ist der Spiralverdichter bevorzugt dazu eingerichtet, dass der Zwischendruck in der Ausgaskammer im Betrieb mindestens 106 % des Ansaugdrucks beträgt.

[0068] Dabei können Absolutwerte des Ansaugdrucks für unterschiedliche Betriebszustände unterschiedlich sein und die Absolutwerte des Zwischendrucks können für unterschiedliche Betriebszustände unterschiedlich sein. Auch das Verhältnis zwischen Zwischendruck und Ansaugdruck kann für unterschiedliche Betriebszustände unterschiedlich sein. Das Verhältnis soll jedoch für alle (ordnungsgemäßen) Betriebszustände jeweils mindestens 1,06 betragen.

[0069] Besonders bevorzugt hat die Ausgaskammer ein Volumen im Bereich von 30 cm³ bis 150 cm³, überaus bevorzugt im Bereich von 50 cm³ bis 90 cm³. Das Öl verweilt dadurch im Mittel zeitlich lange genug in der Ausgaskammer, dass währenddessen zumindest ein erheblicher Anteil des Übersättigungsanteils des Fluids verdampft. Andererseits ist die Zwischenkammer so kompakt, dass sie wenig Platz erfordert und mit einfach integriert werden kann.

[0070] In einer überaus bevorzugten Weiterbildung umfasst die direkte Ölrückführung ein zweites Stromventil, welches (entlang der Strömungsrichtung des Öls in der direkten Ölrückführung gesehen) nach der Ausgaskammer angeordnet ist. Insbesondere kann das zweite Stromventil in der zweiten Fluidverbindung, also stromabwärts der Ausgaskammer und stromaufwärts der Mündungsöffnung der direkten Ölrückführung angeordnet sein. Insbesondere kann das zweite Stromventil als Drosselventil ausgebildet sein. Wie zuvor bereits definiert wurde, kann es sich bei dem Drosselventil beispielsweise um eine Blende oder Düse handeln. Es ist möglich, dass das zweite Strömungsventil integral mit der Mündungsöffnung und/oder einem Öleinlass der zweiten Fluidverbindung an der Ausgaskammer gebildet ist. Das zweite Stromventil dient zur Begrenzung eines Massen-

strom des Öls aus der Ausgaskammer. Dadurch lässt sich der Mündungsdruck des Öls an der Mündungsöffnung auf einfache und zuverlässige Weise beeinflussen.

[0071] Wenn die direkte Ölrückführung mehrere Mündungsöffnungen aufweist, verzweigt sich die direkte Ölrückführung (bezogen auf die Strömungsrichtung des Öls in der direkten Ölrückführung) bevorzugt stromabwärts der Ausgaskammer. So ist nur eine Ansaugkammer für die mehreren Mündungsöffnungen notwendig. Das vereinfacht Aufbau und Herstellung des Spiralverdichters und reduziert dessen Kosten. Es ist auch möglich, dass mehrere zweite Fluidverbindungen direkt von der Ausgaskammer abgehen.

[0072] Es ist überaus vorteilhaft, wenn sich die direkte Ölrückführung (bzw. die zweite Fluidverbindung) stromabwärts des zweiten Stromventils verzweigt. So ist für die mehreren Mündungsöffnung der gleichen direkten Ölrückführung nur ein gemeinsames zweites Stromventil notwendig. Das verringert Aufbau und Herstellungskosten noch weiter. Außerdem liegt dann an den mehreren Mündungsöffnungen (zumindest im Wesentlichen) der gleiche Mündungsdruck an.

[0073] Alternativ können für verschiedene der mehreren Mündungsöffnungen verschiedene zweite Stromventile vorgesehen sein. Damit kann der Mündungsdruck für verschiedene Mündungsöffnungen unterschiedlich eingestellt sein.

[0074] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist der Spiralverdichter eine Fluidrückführung von Fluid aus der Ausgaskammer in den Kompressionsabschnitt auf. Auf diese Weise kann das Fluid, dass in der Ausgangskammer von dem Öl separiert wurde, in den Fluidkreislauf zurückgeführt werden.

[0075] Überaus bevorzugt ist die Mündungsöffnung der Fluidrückführung im Verdichterkanal der Stationärscheibe angeordnet. Die Mündungsöffnung kann beispielsweise als Loch in der Stationärgrundfläche ausgebildet sein. Zumindest ein Teilbereich der Fluidrückführung kann in der Stationärscheibe ausgebildet sein. Das senkt die Komplexität und die Herstellungskosten.

[0076] Überaus bevorzugt ist die Mündungsöffnung der Fluidrückführung in dem Mittelbereich des Verdichterkanals (der Stationärscheibe) angeordnet. Dadurch ist sichergestellt, dass kein Fluid aus der Mündungsöffnung der Fluidrückführung stromaufwärts aus dem Einlass des Kompressionsabschnitts ausströmen kann. Zugleich ist sichergestellt, die Mündungsöffnung der Fluidrückführung nicht in direkte Fluidverbindung mit der Auslassöffnung der

Stationärschleife kommt. Das stellt eine hohe Effizienz und Effektivität des Spiralverdichters sicher.

[0077] Die Fluidrückführung kann ein Rückschlagventil aufweisen. Das Rückschlagventil verhindert, dass Fluid aus einem Kompressionsraum, der die Mündungsöffnung der Fluidrückführung überstreicht, in die Ausgaskammer strömt. Alternativ oder zusätzlich kann die Fluidrückführung ein Stromventil aufweisen. Das erleichtert es, den Zwischendruck in der Ausgaskammer gezielt höher einzustellen als ein Mittelwert des Drucks des Fluids (in dem Verdichterkanal) an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung.

[0078] In einer anderen Ausführungsform kann Fluid (zumindest im Wesentlichen) ungehindert zwischen der Ausgaskammer und der Mündungsöffnung der zweiten Fluidverbindung strömen. Das heißt, die zweite Fluidrückführung weist weder ein Rückschlagventil noch ein Stromventil auf. Dann wird der Zwischendruck in der Ansaugkammer besonders direkt durch den zeitlichen Mittelwert des Fluids an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung beeinflusst.

[0079] Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Mündungsöffnung der Fluidrückführung überaus bevorzugt an einer Position in dem Verdichterkanal angeordnet, an welcher ein zeitlicher Mittelwert des Drucks des Fluids in dem Verdichterkanal im Betrieb in einem Bereich von 104 % bis 170 % des Ansaugdrucks liegt, in einer Weiterbildung in einem Bereich von 105 % bis 150 %.

[0080] Lässt man in einer idealisierten Betrachtung die Massenströme des zurückgeführten Öls und Fluids außen vor, stellt sich als Zwischendruck in der Ausgaskammer genau der zeitliche Mittelwert des Drucks des Fluids an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung ein. Tatsächlich liegt der Zwischendruck im Betrieb aufgrund der Massenströme des zurückgeführten Öls und Fluids über dem zeitlichen Mittelwert des Drucks des Fluids an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung. Dieser Druckunterschied sorgt dafür, dass Fluid aus der Ausgaskammer durch die Fluidrückführung in den Kompressionsabschnitt strömt. Der Druckunterschied wird durch die Zuführung neuen Öls aus dem Ölabscheider in die Ausgaskammer mitsamt dem darin gelösten Fluid aufrechterhalten. Der Zwischendruck wird jedoch entscheidend durch den zeitlichen Mittelwert des Drucks des Fluids an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung beeinflusst.

[0081] Das Verhältnis zwischen dem zeitlichen Mittelwert des Fluids an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung und dem Ansaugdruck hängt im Wesentlichen von der Geometrie des Kompressionsabschnitts und der genauen Position der Mündungs-

öffnung der Fluidrückführung in dem Verdichterkanal ab. Auch für unterschiedliche Betriebszustände bleibt es - bei gegebener Position der Mündungsöffnung - im Wesentlichen konstant. Andererseits lässt sich das Verhältnis durch Verschieben der Position der Mündungsöffnung gezielt steuern. Die beschriebene Ausführungsform stellt daher einen besonders einfachen, zuverlässigen und für verschiedenste Betriebszustände geeigneten Ansatz zur gezielten Beeinflussung des Zwischendrucks dar.

[0082] Dabei können die Absolutwerte des Ansaugdrucks für unterschiedliche Betriebszustände unterschiedlich sein und die Absolutwerte dieses zeitlichen Mittelwerts können für unterschiedliche Betriebszustände unterschiedlich sein. Auch das Verhältnis zwischen dem Ansaugdruck und diesem zeitlichen Mittelwert des Drucks des Fluids an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung kann für unterschiedliche Betriebszustände unterschiedlich sein. Das Verhältnis soll jedoch für alle (ordnungsgemäßen) Betriebszustände in dem genannten Bereich liegen.

[0083] Die beschriebene Einstellung des Verhältnisses sorgt für einen vorteilhaften Zwischendruck in der Ausgaskammer, beispielsweise gemäß einer der an anderer Stelle beschriebenen vorteilhaften Ausführungsformen. Der Zwischendruck ist hoch genug, dass genug Öl von der Ausgaskammer zu der (mindestens einen) Mündungsöffnung der direkten Ölrückführung strömt, dort austritt und in den Kompressionsabschnitt gelangt. Andererseits ist der Zwischendruck gering genug, dass nicht übermäßig viel Öl aus der Ausgaskammer hinausströmt und dass sich in der Ausgaskammer zumindest ein wesentlicher Anteil des Fluids, das in dem in die Ausgaskammer zugeführten Öl gelöst ist, von dem Öl separiert.

[0084] Die Ermittlung des Verhältnisses des zeitlichen Mittelwerts des Drucks des Fluids (in dem Verdichterkanal) an der Mündungsöffnung zu dem Ansaugdruck kann beispielsweise anhand einer Berechnung und/oder Messung des über einen Umlauf gemittelten Drucks des Fluids in dem Verdichterkanal an der Position der Mündungsöffnung bei gegebenem Ansaugdruck erfolgen. Die Ermittlung kann auch anhand der Messung und/oder Berechnung eines über einen Umlauf gemittelten Kompressionsverhältnisses des Fluids in dem Verdichterkanal an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung erfolgen.

[0085] Zeitbereiche (bzw. Bereiche von Umlaufwinkeln), in denen die Mündungsöffnung der Fluidrückführung von der Orbitierspirale verschlossen ist, können für die Berechnung des zeitlichen Mittelwerts des Drucks des Fluids an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung unberücksichtigt bleiben.

[0086] Die Absolutwerte des Ansaugdrucks können für unterschiedliche Betriebszustände unterschiedlich sein. Absolutwerte dieses zeitlichen Mittelwerts des Drucks des Fluids an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung können für unterschiedliche Betriebszustände unterschiedlich sein. Auch das Verhältnis zwischen dem Ansaugdruck und diesem zeitlichen Mittelwert kann für unterschiedliche Betriebszustände unterschiedlich sein. Der zeitliche Mittelwert soll jedoch für alle (ordnungsgemäßen) Betriebszustände jeweils in dem genannten Bereich von 104 % bis 170 %, in der Weiterbildung von 105 % bis 150 % des Ansaugdrucks in dem jeweiligen Betriebszustand liegen.

[0087] Überaus bevorzugt ist die Mündungsöffnung der Fluidöffnung außerhalb des Auslassbereichs des Verdichterkanals angeordnet. Dadurch ist sichergestellt, dass die Mündungsöffnung der Fluidrückführung zu keinem Zeitpunkt von dem Fluid mit dem Auslassdruck beaufschlagt wird. In einer Weiterbildung ist die Mündungsöffnung derart in dem Verdichterkanal angeordnet, dass zu keinem Zeitpunkt in direkter Fluidverbindung mit einem Kompressionsraum letzter Stufe steht. Andernfalls könnte sich ein unerwünscht hoher Zwischendruck in der Ausgaskammer einstellen.

[0088] Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Mündungsöffnung der Fluidrückführung überaus bevorzugt an einem Positionswinkel ε in dem Verdichterkanal angeordnet, wobei ε in einem Bereich von $\gamma - 300^\circ$ bis γ ist und wobei γ der Positionswinkel des äußeren Endes des Verdichterkanals ist.

[0089] Außerordentlich bevorzugt ist die Mündungsöffnung der Fluidrückführung an einem Positionswinkel ε_1 in dem Verdichterkanal angeordnet, wobei ε_1 in einem Bereich von $\gamma - 300^\circ$ bis $\gamma - 180^\circ$ ist. Die Mündungsöffnung kann derart angeordnet sein, dass sie nur von außenseitig geführten Kompressionsräumen überstrichen wird und genau einmal pro Umlauf von der Orbitierspirale verschlossen wird. Beispielsweise kann in diesem Fall die Summe eines Abstands der Mündungsöffnung von der Außenseite des Verdichterkanals an diesem Positionswinkel und einer Breite der Mündungsöffnung in der radialen Richtung kleiner sein als eine Breite des Spiralarms der Orbitierspirale in der radialen Richtung an dem entsprechenden Positionswinkel der Orbitierspirale.

[0090] Alternativ ist die Mündungsöffnung der Fluidrückführung außerordentlich bevorzugt an einem Positionswinkel ε_2 in dem Verdichterkanal angeordnet, wobei ε_2 in einem Bereich von $\gamma - 120^\circ$ bis γ ist. Die Mündungsöffnung kann derart angeordnet sein, dass sie nur von innenseitig geführten Kompressionsräumen überstrichen wird und genau einmal pro Umlauf von der Orbitierspirale verschlossen wird. Beispielsweise kann in diesem Fall die

Summe eines Abstands der Mündungsöffnung von der Innenseite des Verdichterkanals an diesem Positionswinkel und einer Breite der Mündungsöffnung in der radialen Richtung kleiner sein als eine Breite des Spiralarms der Orbitierspirale in der radialen Richtung an dem entsprechenden Positionswinkel der Orbitierspirale.

[0091] Besonders bevorzugt ist die Mündungsöffnung der Fluidrückführung derart positioniert, dass sie pro Umlauf maximal für insgesamt 130° von 360° des Umlaufwinkels der Orbitierscheibe in unmittelbarer Fluidverbindung mit dem Einlass des Kompressionsabschnitts (dem Ansaugdruck) steht. Alternativ oder zusätzlich wird die Mündungsöffnung der Fluidrückführung pro Umlauf besonders bevorzugt maximal für insgesamt 130° von 360° des Umlaufwinkels der Orbitierscheibe von der Orbitierspirale verschlossen. Dadurch werden der zeitlich gemittelte Druck des Fluids an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung und der Zwischendruck ausreichend hoch genug für eine gute Förderung von Öl aus der Ausgaskammer in den Kompressionsabschnitt.

[0092] Gemäß einem weiteren Aspekt der Spiralverdichter überaus bevorzugt dazu eingerichtet, dass im Betrieb der Zwischendruck mindestens 0,1 bar über dem zeitlichen Mittelwert des Drucks des Fluids (in dem Verdichterkanal) an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung liegt. Aufgrund des Druckunterschieds strömt in der Ausgaskammer frei gewordenes Fluid durch die Fluidrückführung zurück in den Kompressionsabschnitt.

[0093] Alternativ oder zusätzlich ist der Spiralverdichter überaus bevorzugt dazu eingerichtet, dass der Zwischendruck im Betrieb weniger als 2 bar über dem zeitlichen Mittelwert des Drucks des Fluids (in dem Verdichterkanal) an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung liegt. Wenn der Zwischendruck sehr hoch ist, wird weniger von dem in dem Öl gelösten Fluid in der Ausgaskammer zurück in die Gasphase wechseln. Zudem kann ein zu hoher Zwischendruck einen übermäßigen Ölfluss von der Ausgaskammer zu der Mündungsöffnung der direkten Ölrückführung zur Folge haben. Es wurde bereits zuvor erläutert, dass sich der Zwischendruck und eine Differenz zwischen dem Zwischendruck und dem zeitlichen Mittelwert des Drucks des Fluids an der Mündungsöffnung der Fluidrückführung einfach und gezielt durch die genaue Positionierung dieser Mündungsöffnung beeinflussen lassen.

[0094] Beispielsweise kann der Zwischendruck im Betrieb in einem Bereich von 0,2 bar bis 1,5 bar über zeitlichen Mittelwert des Drucks des Fluids (in dem Verdichterkanal) an der Position der Mündungsöffnung der Fluidrückführung liegen.

[0095] Überaus bevorzugt ist ein Einlass der Fluidrückführung in der Ausgaskammer oberhalb des Öleinlasses der zweiten Fluidverbindung der direkten Ölrückführung angeordnet. Somit strömt nur separiertes Fluid in die Fluidrückführung; entsprechend strömt flüssiges Öl in die zweite Fluidverbindung der direkten Ölrückführung. „Oberhalb“ bedeute in diesem Zusammenhang, dass sich der Einlass der Fluidrückführung entlang einer Richtung einer Gravitationskraft gesehen vor (also über) dem Öleinlass der zweiten Fluidverbindung der direkten Ölrückführung in die Ausgaskammer öffnet, wenn der Spiralverdichter relativ zu einer Richtung einer Gravitationskraft in einer gewünschten Betriebsposition positioniert ist. Insbesondere kann der Einlass der Fluidrückführung an einem oberen Ende der Ausgaskammer angeordnet sein und/oder der Einlass der zweiten Fluidverbindung der direkten Ölrückführung kann an einem unteren Ende der Ausgaskammer angeordnet sein.

[0096] Die gewünschte Betriebsposition kann beispielsweise dadurch definiert sein, dass die Mittelachse der Stationärspirale zumindest im Wesentlichen senkrecht zu der Richtung der Gravitationskraft ist.

[0097] In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Spiralverdichter eine Auslassdruckkammer auf, wobei der Ölabscheider über die Auslassdruckkammer in direkter Fluidverbindung mit dem Auslass des Kompressionsabschnitts steht. Die Auslassdruckkammer steht in unmittelbarer Fluidverbindung mit dem Kompressionsabschnitt. Der Ölabscheider steht in direkter Fluidverbindung mit der Auslassdruckkammer und folglich über die Auslassdruckkammer in direkter Fluidverbindung mit dem Auslass des Kompressionsabschnitts. Die Auslassdruckkammer dient als Dämpfungskammer für das ausgelassene Fluid. Sie glättet den Auslassdruck.

[0098] In einer besonders bevorzugten Weiterbildung ist die Ausgaskammer in radialer Richtung außerhalb der Auslassdruckkammer ausgebildet und umschließt die Auslassdruckkammer. Die Ausgaskammer hat eine im Wesentlichen hohlzylindrische Grundform, wobei die Auslassdruckkammer koaxial im Zentrum der Ausgaskammer angeordnet ist. Das erlaubt einen sehr kompakten Aufbau.

[0099] Bevorzugt umfasst der Spiralverdichter eine Anpressdruckkammer, die im Kompressionsbetrieb mit einem Anpressdruck beaufschlagt ist, wobei die Orbitierscheibe im Betrieb durch den Anpressdruck gegen die Stationärscheibe gedrückt wird.

[0100] Die Anpressdruckkammer ist außerhalb der direkten Ölrückführung angeordnet. Die Anpressdruckkammer ist kein Bestandteil der direkten Ölrückführung. Das durch die direkte Ölrückführung rück-

geführte Öl wird nicht durch einen Innenraum der Anpressdruckkammer geleitet, welcher im Betrieb mit dem Anpressdruck beaufschlagt ist. Die direkte Ölrückführung „umgeht“ im funktionalen Sinne den Innenraum der Anpressdruckkammer.

[0101] Die direkte Ölrückführung ist räumlich getrennt von der Anpressdruckkammer ausgebildet. Sie ist separat von der Anpressdruckkammer.

[0102] Insbesondere ist die Ausgaskammer gegebenenfalls zusätzlich zu der Anpressdruckkammer ausgebildet, also separat. Beispielsweise kann die Anpressdruckkammer parallel zur Mittelachse gesehen auf einer Seite der Orbitierscheibe angeordnet sein, welche der Orbitierscheibe abgewandt ist. Die Ausgaskammer kann dagegen parallel zur Mittelachse gesehen auf einer Seite der Stationärscheibe angeordnet sein, die der Orbitierscheibe abgewandt ist.

[0103] Besonders bevorzugt umfasst der Spiralverdichter eine zweite Ölrückführung zur Rückführung von Öl aus dem Ölabscheider in die Anpressdruckkammer.

[0104] Mit der zweiten Ölrückführung wird der Anpressdruckkammer Öl zugeführt. Die zweite Ölrückführung kann dazu genutzt werden, die Anpressdruckkammer mit Druck zu beaufschlagen. Eine Rückseite der Orbitierscheibe, die der Stationärscheibe abgewandt ist, kann einen Teil einer Begrenzung der Anpressdruckkammer bilden. Bevorzugt führt die zweite Ölrückführung von dem Ölabscheider direkt zu der Anpressdruckkammer. Das sorgt für eine geringe Komplexität und dafür, dass der Spiralverdichter einfach und kostengünstig zu produzieren ist.

[0105] In einer überaus vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die zweite Ölrückführung ein Stromventil auf. Das Stromventil beeinflusst die Wirkung der zweiten Ölrückführung. Insbesondere beeinflusst es die Menge des Öls, dass durch die zweite Ölrückführung in die Anpressdruckkammer strömt. Dadurch hilft das Stromventil bei der Abstimmung und Einstellung des korrekten Anpressdrucks in der Anpressdruckkammer.

[0106] Besonders bevorzugt ist das Stromventil der zweiten Ölrückführung als Drosselventil ausgeführt. So wird die Abstimmung des Anpressdrucks durch die zweite Ölrückführung (und gegebenenfalls die Referenz-Rückführverbindung, siehe unten) wesentlich erleichtert. Das steigert die Effizienz des Spiralverdichters gegenüber Ausführungen ohne Drosselventil in der zweiten Ölrückführung.

[0107] Die zweite Ölrückführung ist zumindest teilweise separat von der direkten Ölrückführung (erste

Ölrückführung) ausgebildet. Die zweite Ölrückführung und die direkte Ölrückführung können einen gemeinsamen Anfangsbereich aufweisen. In diesem Fall zweigt die direkte Ölrückführung von der zweiten Ölrückführung ab, wobei die Abzweigung entlang der zweiten Ölrückführung betrachtet (in Strömungsrichtung des Öls gesehen) vor der Anpressdruckkammer liegt. Besonders bevorzugt liegt die Abzweigung entlang der zweiten Ölrückführung betrachtet (in Strömungsrichtung des Öls gesehen) vor dem Stromventil der zweiten Ölrückführung. Der gemeinsame Anfangsbereich beginnt mit einem gemeinsamen Öleinlass, der sich in den Ölabscheider öffnet.

[0108] In einer überaus bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die direkte Ölrückführung einen ersten Öleinlass auf, der sich in den Ölabscheider öffnet, und die zweite Ölrückführung weist einen zweiten Öleinlass auf, der sich in den Ölabscheider öffnet. Der zweite Öleinlass ist von dem ersten Öleinlass verschieden. Der zweite Öleinlass ist separat von dem ersten Öleinlass ausgebildet. Insbesondere kann der zweite Öleinlass räumlich beabstandet von dem ersten Öleinlass ausgebildet sein.

[0109] In einer Weiterbildung genießt die zweite Ölrückführung bei Ölmangel Priorität vor der direkten Ölrückführung. Wenn eine Menge des flüssigen Öls in dem Ölabscheider einen vorgegebenen Wert unterschreitet, wird ein Ölfluss durch die direkte Ölrückführung im Verhältnis zu einem Ölfluss durch die zweite Ölrückführung verringert und/oder der Ölfluss durch die direkte Ölrückführung wird vollständig gestoppt.

[0110] In diesem Zustand wird weniger oder kein Öl mehr durch die direkte Ölrückführung in den Kompressionsabschnitt eingebracht. Folglich erhöht sich die Reibung in dem Kompressionsabschnitt und die Effizienz verschlechtert sich. Die Anpressdruckkammer wird aber weiterhin mit Öl versorgt. Zeitlich begrenzte Mangelschmierungen können durch das in der Ausgaskammer befindliche Öl übergangsweise kompensiert werden. Damit wird die Orbitierscheibe zumindest von ihrer Rückseite aus weiter geschmiert. Außerdem werden gegebenenfalls Teile des Orbitiermechanismus, die sich in der Anpressdruckkammer befinden, weiter geschmiert. Zudem kann der Anpressdruck in der Anpressdruckkammer leichter aufrechterhalten werden. So bleibt der Spiralverdichter zumindest funktionsfähig. Eine gewisse Schmierung des Kompressionsabschnitts kann beispielsweise durch Öl, welches aus der Anpressdruckkammer an der Orbitierscheibe vorbei in den Kompressionsabschnitt kriecht, durch Öl, welches durch eine weiter unten beschriebene Referenzverbindung aus der Anpressdruckkammer in den Kompressionsabschnitt strömt, und/oder durch Öl, dass von dem angesaugten Fluid mitgeführt wird, aufrechterhalten werden.

[0111] In einer außerordentlich bevorzugten Ausführungsform ist der erste Öleinlass oberhalb des zweiten Öleinlasses angeordnet. „Oberhalb“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass sich der erste Öleinlass entlang der Richtung der Gravitationskraft gesehen vor (also über) dem zweiten Öleinlass in den Ölabscheider öffnet, wenn der Spiralverdichter relativ zu der Richtung der Gravitationskraft in der gewünschten Betriebsposition positioniert ist. Mit anderen Worten öffnet sich der erste Öleinlass im Ölabscheider oberhalb des zweiten Öleinlasses. Insbesondere kann der zweite Öleinlass an einem unteren Ende eines Ölreservoirs in dem Ölabscheider angeordnet sein. Wenn ein Ölstand innerhalb des Ölabscheiders ausgehend von einem Normalstand absinkt, fällt bei einer solchen Anordnung zunächst nur der erste Öleinlass trocken.

[0112] Alternativ oder zusätzlich kann der Spiralverdichter einen Ventilmechanismus aufweisen, durch den ein Öldurchfluss durch die direkte Ölrückführung automatisch verringert oder gestoppt wird, wenn die Menge des flüssigen Öls in dem Ölabscheider den vorgegebenen Wert unterschreitet. Der Ventilmechanismus kann ein oder mehrere Ventile aufweisen. Wenn die zweite Ölrückführung und die direkte Ölrückführung einen gemeinsamen Anfangsbereich aufweisen, kann beispielsweise an der Abzweigung der direkten Ölrückführung von der zweiten Ölrückführung ein Abzweigventil ausgebildet sein. Der Ventilmechanismus kann einen Füllstandsensor aufweisen, der detektiert, wenn die Menge des flüssigen Öls in dem Ölabscheider den vorgegebenen Wert unterschreitet.

[0113] Alternativ oder zusätzlich ist die direkte Ölrückführung überaus bevorzugt vollständig separat von der zweiten Ölrückführung ausgebildet. Das bedeutet, dass sich die direkte Ölrückführung an keiner Stelle unmittelbar in die zweite Ölrückführung öffnet (umgekehrt ebenso nicht). Insbesondere weisen beide in diesem Fall keinen gemeinsamen Anfangsbereich auf. Die zweite Ölrückführung und die direkte Ölrückführung stehen in diesem Sinne nicht in unmittelbarer Fluidverbindung. Das schließt freilich nicht aus, dass der erste Öleinlass der direkten Ölrückführung und der zweite Öleinlass der zweiten Ölrückführung über den Innenraum des Wärmetauschers miteinander direkt (aber mittelbar) in Fluidverbindung stehen.

[0114] Besonders bevorzugt weist der Spiralverdichter eine Referenzöffnung, die in dem Kompressionsabschnitt angeordnet ist, und eine Referenzverbindung auf, die eine Fluidverbindung zwischen der Anpressdruckkammer und der Referenzöffnung ausbildet. Die Referenzverbindung kann zur Beeinflussung des Anpressdrucks anhand eines im Betrieb an der Referenzöffnung anliegenden Referenzdrucks ausgebildet sein.

[0115] Die Referenzöffnung kann in der Orbitiergrundfläche in dem Verdichterkanal der Orbitierscheibe oder in der Stationärgrundfläche in dem Verdichterkanal der Stationärscheibe ausgebildet sein.

[0116] Überaus bevorzugt ist die Referenzöffnung in der Orbitiergrundfläche in dem Verdichterkanal der Orbitierscheibe ausgebildet und die Referenzverbindung erstreckt sich durch die Orbitierscheibe. So lässt sich die Referenzverbindung sehr einfach und kostengünstig implementieren.

[0117] Der Anpressdruck wird direkt durch den Referenzdruck beeinflusst. Der Referenzdruck hängt bei gegebener Position der Referenzöffnung in dem Verdichterkanal wiederum stark von dem Ansaugdruck und unter Umständen auch von dem Auslassdruck ab. Insofern passt sich eine Differenz zwischen dem Anpressdruck und dem Ansaugdruck von selbst einem Betriebszustand des Spiralverdichters an. Eine aufwendige, externe, anfällige und teure Regelung des Anpressdrucks ist dafür nicht erforderlich. Insbesondere wird kein aktiv variabel einstellbares Druckkontrollventil für die Einstellung und Regelung des Anpressdrucks benötigt. Durch das Zusammenwirken der Referenz-Rückführverbindung und der Referenzöffnung stellt sich ein Druckgleichgewicht in der Anpressdruckkammer ein. Durch die gezielte Gestaltung und Abstimmung der Referenz-Rückführverbindung und der Referenzöffnung, insbesondere die genaue Positionierung der Referenzöffnung in dem entsprechenden Verdichterkanal, wird die selbsttätige Einstellung verschiedener, jeweils gewünschter Anpressdrücke für verschiedene Betriebszustände des Spiralverdichters erreicht. Entsprechend wird die Anpresskraft, mit der die Orbitierscheibe durch den Anpressdruck auf die Stationärscheibe gedrückt wird, für verschiedene Betriebszustände an die in dem jeweiligen Betriebszustand auf die Orbitierscheibe wirkende Abhebekraft abgestimmt. Das verbessert die Effizienz und die Zuverlässigkeit des Spiralverdichters.

[0118] Die Referenzverbindung kann ein Stromventil umfassen. Insbesondere kann das Stromventil als ungeregeltes Drosselventil ausgebildet sein. Damit lässt sich der Anpressdruck zusätzlich beeinflussen. Stromventil kann auch helfen, dass die Druckunterschiede während eines Umlaufs der Orbitierscheibe nicht ungedämpft in die Anpressdruckkammer wirken.

[0119] Überaus bevorzugt wird durch Referenzverbindung Öl aus der Anpressdruckkammer zwischen der Stationärscheibe und der Orbitierscheibe geführt. In diesem Fall weist der Spiralverdichter zusätzlich zu der direkten Ölrückführung also eine „indirekte Ölrückführung“ auf, welche Öl aus dem Ölabscheider indirekt und lediglich mittelbar über den Innenraum der Anpressdruckkammer in den Kompressionsab-

schnitt zurückführt. Die indirekte Ölrückführung umfasst die zweite Ölrückführung und die Referenzverbindung. Eine solche indirekte Ölrückführung ist selbstverständlich keine direkte Ölrückführung im Sinne dieser Offenbarung.

[0120] In einer überaus bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist der Spiralverdichter zwei Kompressionsräume auf, wobei die Referenzöffnung derart in dem Verdichterkanal (der Stationärscheibe oder der Orbitierscheibe) angeordnet ist, dass die Referenzöffnung im Kompressionsbetrieb während eines Umlaufs der Orbitierscheibe für einen ersten Teil der für den Umlauf benötigten Zeit mit einem Kompressionsraum letzter Stufe und für einen weiteren Teil der für den Umlauf benötigten Zeit mit einem Kompressionsraum vorletzter Stufe unmittelbar in Fluidverbindung steht. Dabei müssen der erste Teil und der weitere Teil zusammen nicht die gesamte für den Umlauf benötigte Zeit ergeben. Vielmehr kann es noch andere Teile geben.

[0121] Durch diese gezielte Positionierung der Referenzöffnung ist sichergestellt, dass auch ein Hochdruckbereich des Spiralverdichters einen Einfluss auf den Anpressdruck hat und der Anpressdruck im Kompressionsbetrieb in jedem Betriebszustand stets hoch genug eingestellt bleibt, so dass die Anpresskraft auf die Orbitierscheibe ausreichend größer ist als die Abhebekraft. Die Orbitierscheibe wird dadurch im Kompressionsbetrieb in jedem Betriebszustand dichtend auf die Stationärscheibe gedrückt.

[0122] Der Kompressionsraum letzter Stufe zeichnet sich dadurch aus, dass das in ihm befindliche Fluid im Kompressionsbetrieb noch innerhalb dieses Umlaufs der Orbitierscheibe zumindest teilweise in die Auslassöffnung geführt wird. Der Kompressionsraum vorletzter Stufe zeichnet sich dadurch aus, dass das in ihm befindliche Fluid im Kompressionsbetrieb innerhalb des nächsten Umlaufs der Orbitierscheibe zumindest teilweise in die Auslassöffnung geführt werden wird.

[0123] Für weitere Erläuterungen, Details und Ausführungsmöglichkeiten bezüglich der Referenzrückführverbindung und der Referenzöffnung, speziell für eine Referenzöffnung in dem Verdichterkanal der Stationärscheibe, wird auf die Offenlegungsschriften DE 10 2017 125 968 A1 und WO 2019/092024 A1 verwiesen. Die darin enthaltenen Offenbarungen gelten - soweit adäquat - entsprechend für eine Referenzöffnung in dem Verdichterkanal der Orbitierscheibe.

[0124] Der Spiralverdichter kann eine Ansaugdruckkammer aufweisen, die in Fluidverbindung mit dem Einlass des Kompressionsabschnitts steht. Insbesondere kann die Ansaugdruckkammer in unmittel-

barer Fluidverbindung mit dem Einlass des Kompressionsabschnitts stehen. Die Ansaugdruckkammer ist im Betrieb mit dem Ansaugdruck beaufschlagt sein.

[0125] Der Spiralverdichter kann einen Ansauganschluss aufweisen. Der Ansauganschluss kann über die Ansaugdruckkammer in Fluidverbindung mit dem Einlass des Kompressionsabschnitts stehen.

[0126] Der Spiralverdichter kann einen Auslassanschluss aufweisen. Der Auslassanschluss kann in Fluidverbindung mit dem Ölabscheider stehen. Vorzugsweise ist eine Ölabscheider-Auslassöffnung für das Fluid in dem Ölabscheider, welche in direkter Fluidverbindung mit dem Auslassanschluss steht, oberhalb des ersten Öleinlasses der direkten Ölrückführung (und gegebenenfalls des zweiten Öleinlasses der zweiten Ölrückführung) angeordnet sein. „Oberhalb“ bedeute in diesem Zusammenhang, dass die Ölabscheider-Auslassöffnung in dem Ölabscheider entlang der Richtung der Gravitationskraft gesehen vor (also über) dem ersten Öleinlass angeordnet ist, wenn der Spiralverdichter relativ zu der Richtung der Gravitationskraft in der gewünschten Betriebsposition positioniert ist.

[0127] In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst der Auslass des Kompressionsabschnitts eine Rückschlageinrichtung. Sie kann beispielsweise eine Rückschlagklappe und/oder ein Rückschlagventil umfassen. Die Rückschlageinrichtung verhindert, dass komprimiertes Fluid (entgegen der gewünschten Stromrichtung) durch den Auslass des Kompressionsabschnitts zurückströmt. Ansonsten könnte Fluid aus der Auslassdruckkammer durch den Auslass des Kompressionsabschnitts zurückströmen, wenn der Auslassdruck in der Auslassdruckkammer höher ist als ein Druck im Zentrum der Stationärspirale.

[0128] Die Rückschlageinrichtung kann (funktional und/oder räumlich betrachtet) ein (stromabwärtiges) Ende des Kompressionsabschnitts bilden.

[0129] Da die Rückschlageinrichtung Teil des Auslasses des Kompressionsabschnitts ist, steht der Ölabscheider auch dann in Fluidverbindung mit dem Auslass des Kompressionsabschnitts, wenn die Rückschlageinrichtung verschlossen ist. Wenn die Auslassdruckkammer zwischen dem Auslass des Kompressionsabschnitts und dem Ölabscheider ausgebildet ist, steht entsprechend die Auslassdruckkammer im Sinne dieser Anmeldung auch dann in unmittelbarer Fluidverbindung mit dem Auslass des Kompressionsabschnitts, wenn die Rückschlageinrichtung geschlossen ist.

[0130] Besonders bevorzugt sind die Auslassdruckkammer, die Anpressdruckkammer, die Orbitierscheibe, die Stationärscheibe, die Rückführverbindung und die Referenz-Rückführverbindung in der Ansaugdruckkammer angeordnet. Dadurch sind alle diese Komponenten sicher durch die Ansaugdruckkammer umschlossen. Der Ansauganschluss und der Auslassanschluss können in diesem Fall an der Ansaugdruckkammer angeordnet sein, wobei der Auslassanschluss druckdicht in Fluidverbindung mit dem Ölabscheider steht.

[0131] In einer Weiterbildung der Erfindung weist die Stationärspirale mindestens 1,25 Windungen auf. Dies entspricht einem Spiralwinkel der Stationärspirale von mindestens 450° . Dadurch ist eine ausreichende maximale Kompression des Spiralverdichters für übliche Anwendungen gewährleistet.

[0132] Alternativ und/oder zusätzlich weist die Stationärspirale bevorzugt maximal 2,5 Windungen auf. Dies entspricht einem Spiralwinkel der Stationärspirale von maximal 900° . So bleibt der Spiralverdichter kompakt, leicht und günstig zu produzieren.

[0133] Besonders bevorzugt weist die Stationärspirale zwei Windungen auf, wobei die Referenzöffnung (zur Anpressdruckkammer) in dem Verdichterkanal in einem Positionswinkel von dem inneren Ende der Stationärspirale angeordnet ist, der mindestens 315° und maximal 435° beträgt, überaus bevorzugt mindestens 345° und maximal 405° . Diese Anordnung hat sich als besonders praktikabel erwiesen.

[0134] Wenn die zweite Rückführverbindung mehrere Mündungsöffnungen aufweist und/oder mehrere zweite Rückführverbindungen mit jeweils mindestens einer Mündungsöffnung vorgesehen sind, können die einzelnen Mündungsöffnungen unabhängig voneinander jeweils gemäß einer beliebigen der vorgenannten Ausführungsformen und Modifikationen ausgeführt sein. Die Vorteile gelten entsprechend. Es ist also beispielsweise möglich, dass alle Mündungsöffnungen gleichartig ausgeführt sind, dass eine erste Teilmenge aller Mündungsöffnungen gemäß einer ersten Ausführungsform ausgebildet und ein zweiter Teil aller Mündungsöffnungen gemäß einer zweiten Ausführungsform ausgeführt ist, oder, dass alle Mündungsöffnungen unterschiedlich ausgeführt sind.

[0135] Bevorzugt weist der Spiralverdichter einen Elektromotor zum Antrieb der Orbitierscheibe an. Die Integration des Elektromotors in den Spiralverdichter ermöglicht einen besonders präzisen und effizienten Betrieb des Spiralverdichters. Der Betrieb des Elektromotors kann genau auf den spezifischen Spiralverdichter abgestimmt werden. Insbesondere ist der Antrieb des Spiralverdichters dann nicht abhängig von einem Betriebszustand anderer, exter-

ner Aggregate. Überaus bevorzugt ist der Elektromotor innerhalb der Ansaugkammer angeordnet. In einer besonders bevorzugten Weiterbildung ist der Spiralverdichter ein elektrischer Spiralverdichter mit integriertem Inverter.

[0136] Alternativ und/oder zusätzlich kann der Spiralverdichter auch eine Kraftübertragungsvorrichtung zum Antrieb der Orbitierscheibe durch ein externes Antriebsaggregat aufweisen. Bei dem externen Antriebsaggregat kann es sich beispielsweise um einen Verbrennungsmotor handeln. Die Kraftübertragungsvorrichtung kann eine Kupplung (wie eine Magnetkupplung) aufweisen.

[0137] Optional kann der Spiralverdichter beispielsweise auch in einem Wärmepumpen-System eingesetzt werden. Dies ist insbesondere von Interesse für die Klimatisierung von Elektrofahrzeugen und/oder von Vollhybrid-Fahrzeugen.

[0138] Die Erfindung bezieht sich ferner auf eine klimatechnische Anlage mit einem erfindungsgemäßen Spiralverdichter. Insbesondere kann es sich um eine Klimaanlage für ein Kraftfahrzeug handeln.

[0139] Die beschriebenen Ausführungsmöglichkeit und Vorteile für den Spiralverdichter gelten entsprechend für das System.

[0140] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die Figuren erläutert. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, auch unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbezügen.

[0141] Es zeigen schematisch:

Fig. 1 einen Längsschnitt einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Spiralverdichters;

Fig. 2 einen Kompressionsabschnitt, einen Ölabscheider und eine direkte Ölrückführung zur direkten Rückführung von Öl aus dem Ölabscheider in den Kompressionsabschnitt des Spiralverdichters aus **Fig. 1**;

Fig. 3 einen Querschnitt des Kompressionsabschnitts aus **Fig. 1** mit zwei Mündungsöffnungen der direkten Ölrückführung und einer Mündungsöffnung einer Fluidrückführung zur Rückführung von Kältemittel aus einer Ausgaskammer der direkten Ölrückführung, wobei alle diese Mündungsöffnungen in einer Stationärscheibe einer Stationärspirale des Kompressionsabschnitts angeordnet sind und wobei von einer Orbitierscheibe des Kompressionsabschnitts nur eine Orbitierspirale sichtbar ist;

Fig. 4 eine Aufsicht auf eine Modifikation der Stationärscheibe des Spiralverdichters aus **Fig. 3** zur genauen Erklärung einer bevorzugten Anordnung der Mündungsöffnungen der direkten Ölrückführung;

Fig. 5 einen Längsschnitt eines Kompressionsabschnitts, einer Auslassdruckkammer, eines Ölabscheiders und einer direkten Ölrückführung zur direkten Rückführung von Öl aus dem Ölabscheider zu dem Kompressionsabschnitt gemäß einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Spiralverdichters;

Fig. 6 einen Querschnitt an der Schnittlinie A in **Fig. 5**; und

Fig. 7 die Aufsicht auf die Stationärscheibe aus **Fig. 3** **Fig. 7** zur Erläuterung vorteilhafter Positionen für Mündungsöffnungen der Fluidrückführung.

[0142] In **Fig. 1** ist eine erste erfindungsgemäße Ausführungsform eines Spiralverdichters 1 zur Kompression eines Fluids schematisch in einem Längsschnitt dargestellt. Bei dem Fluid handelt es sich beispielsweise um ein Kältemittel oder ein Kältemittelgemisch eines Kältemittelkreislaufs.

[0143] Der Spiralverdichter 1 umfasst einen Kompressionsabschnitt 10 mit einem Einlass 11, einer Stationärscheibe 20, einer Orbitierscheibe 30 und einen Auslass 12. An den Auslass 12 schließt sich unmittelbar eine Auslassdruckkammer 40 an. In dieser Ausführungsform umfasst der Auslass 12 eine Rückschlageinrichtung 13, welche ein Zurückströmen von komprimiertem Kältemittel aus der Auslassdruckkammer 40 in den Kompressionsabschnitt 10 verhindert. Die Rückschlageinrichtung 13 ist hier beispielhaft als Rückschlagklappe abgebildet und bildet ein stromabwärtiges Ende des Kompressionsabschnitts 10.

[0144] Entlang einer Stromrichtung des Kältemittels (im Betrieb) gesehen schließt sich an die Auslassdruckkammer 40 unmittelbar ein Ölabscheider 45 an. Der Ölabscheider 45 steht also in unmittelbarer Fluidverbindung mit der Auslassdruckkammer 40 und - über die Auslassdruckkammer 40 - in direkter Fluidverbindung mit dem Auslass 12 des Kompressionsabschnitts 10.

[0145] Der Spiralverdichter 1 umfasst ein Gehäuse 90 mit einem Ansauganschluss 91 und einem Auslassanschluss 92.

[0146] Der Ansauganschluss 91 steht über eine Ansaugdruckkammer 93 in direkter Fluidverbindung mit dem Einlass 11 des Kompressionsabschnitts 10. Über den Ansauganschluss 91 wird im Betrieb Kältemittel aus einem externen Kältemittelkreislauf angesaugt.

[0147] Der Auslassschluss 92 steht in direkter Fluidverbindung mit einem Ölabscheider-Auslassöffnung 46 des Ölabscheiders 45. Über den Auslassanschluss 92 wird im Betrieb komprimiertes Kältemittel in den externen Kältemittelkreislauf ausgestoßen.

[0148] In der Ansaugdruckkammer 93 und dem Einlass 11 des Kompressionsabschnitts liegt im Betrieb ein Ansaugdruck an. Der Ansaugdruck kann beispielsweise im Bereich von 0,7 bar bis 9 bar liegen. In der Auslassdruckkammer 40, dem Ölabscheider 45 und dem Auslassanschluss 92 herrscht im Betrieb ein Auslassdruck, der größer ist als der Ansaugdruck. Der Auslassdruck kann beispielsweise im Bereich von 6 bar bis 32 bar liegen. Der Ansaugdruck und der Auslassdruck hängen unter anderem von dem verwendeten Kältemittel und von einem Betriebszustand des externen Kältemittelkreislaufs ab.

[0149] Die Ansaugdruckkammer 93 ist in **Fig. 1** nur schematisch gezeigt. Bevorzugt umschließt die Ansaugdruckkammer 93 zumindest die Anpressdruckkammer 80 mantelartig. Das heißt, die Ansaugdruckkammer 93 erstreckt sich entlang einer (auf die Mittelachse bezogenen) Umfangsrichtung vollständig um die Anpressdruckkammer 80 herum. Alternativ oder zusätzlich kann die Ansaugdruckkammer 93 zumindest einen Teil des Kompressionsabschnitts 10 mantelartig umschließen. Das heißt, die Ansaugdruckkammer 93 erstreckt sich entlang der (auf die Mittelachse bezogenen) Umfangsrichtung vollständig um den genannten Teil des Kompressionsabschnitts 10 herum. Der besagte Teil des Kompressionsabschnitts 10 kann insbesondere entlang der Mittelachse gesehen der Anpressdruckkammer 80 zugewandt sein.

[0150] Die Ansaugdruckkammer 93 kann beispielsweise zumindest im Wesentlichen zylindermantelförmig um die Anpressdruckkammer 80 und/oder zumindest einen Teil des Kompressionsabschnitts 10 auf der Seite der Anpressdruckkammer 80 ausgebildet sein.

[0151] Die Stationärscheibe 20 ist der Auslassdruckkammer 40 zugewandt, während die Orbitierscheibe 30 einer Anpressdruckkammer 80 zugewandt ist.

[0152] Eine Schnittfläche für **Fig. 3** liegt zwischen der Orbitierscheibe 30 und der Stationärscheibe 20 in **Fig. 1** bzw. **Fig. 2** und erstreckt sich parallel zu einer Stationärgrundfläche 22 der Stationärscheibe 20. Auf der Stationärgrundfläche 22 ist eine Stationärspirale 21 mit 2,25 Windungen angeordnet. Entsprechend ist ein äußeres Ende 25 der Stationärspirale 21 in einem Spiralwinkel von 810° von einem inneren Ende 24 der Stationärspirale 21 angeordnet.

[0153] Fig. 4 ist eine vereinfachte Darstellung einer Aufsicht auf die Stationärscheibe 20. Zur Vereinfachung wird die Orbitierspirale 31 in Fig. 4 in einer Modifikation mit zwei Windungen dargestellt. Entsprechend ist das äußere Ende 25 der Stationärspirale 21 in einem Spiralwinkel von 720° von dem inneren Ende 24 der Stationärspirale 21 angeordnet. Ansonsten sind der Aufbau und die Funktion der Stationärscheibe 20 in Fig. 3 und Fig. 4 gleich und es werden gleiche Bezugszeichen für gleiche Elemente verwendet.

[0154] Zurück zu Fig. 3 ist von der Orbitierscheibe 30 aufgrund des Querschnitts nur eine Orbitierspirale 31 zu sehen, die auf einer Orbitiergrundfläche 32 (in Fig. 3 nicht gezeigt, siehe aber Fig. 5) der Orbitierscheibe 30 angeordnet ist. Die Orbitierspirale 31 weist (wie die Ausführung der Stationärspirale 21 in Fig. 3) 2,25 Windungen auf.

[0155] Die Stationärscheibe 20 und die Orbitierscheibe 30 sind ineinander verschachtelt angeordnet. Im (Kompressions-)Betrieb wird die Orbitierscheibe 30 durch einen Anpressdruck in der Anpressdruckkammer 80 (siehe Fig. 1) auf die Stationärscheibe 20 gedrückt. Dadurch liegen einerseits eine von der Orbitiergrundfläche 32 abgewandte Stirnfläche der Orbitierspirale 31 dichtend an der Stationärgrundfläche 22 an und andererseits liegt ein von der Stationärgrundfläche 22 abgewandte Stirnfläche der Stationärspirale 21 dichtend an der Orbitiergrundfläche 32 an.

[0156] Die Stationärgrundfläche 22, die Stationärspirale 21, die Orbitiergrundfläche 32 und die Orbitierspirale 31 begrenzen dadurch mehrere Kompressionsräume 14a, 14b, 14c.

[0157] In der in Fig. 3 dargestellten Position der Orbitierscheibe 30 bzw. der Orbitierspirale 31 sind in einem Verdichterkanal 26, der zwischen den Windungen der Stationärspirale 21 ausgebildet ist, ein Kompressionsraum 14c letzter Stufe und zwei Kompressionsräume 14a, 14b vorletzter Stufe begrenzt, wobei der Kompressionsraum 14c letzter Stufe zwei Unterbereiche umfasst, die über schmale Spalte (in Fig. 3 nicht sichtbar) zwischen der Stationärspirale 21 und der Orbitierspirale 31 miteinander in Fluidverbindung stehen.

[0158] Auf der linken Seite der Fig. 3 ist ein Zeigerdiagramm dargestellt, das einen Umlaufwinkel 103 der Orbitierscheibe 30 (und somit der Orbitierspirale 31) und ihre Umlaufrichtung bzw. eine Kompressionsrichtung 100 darstellt. Die Orbitierscheibe 30 beginnt einen neuen Umlauf, wenn ihre Umlaufposition 103 im Zeigerdiagramm gerade bei einem Umlaufwinkel 101 von 0° liegt. Dann berührt eine Außenseite der Orbitierspirale 31 gerade das äußere Ende 25 der Stationärspirale 21 und schließt dabei

den außenseitig geführten Kompressionsraum vorletzter Stufe 14b ab. Gleichzeitig berührt ein äußeres Ende 34 der Orbitierspirale 31 eine Außenseite einer äußersten Windung der Stationärspirale 21 und schließt dabei den innenseitig geführten Kompressionsraum vorletzter Stufe 14a ab. In Fig. 3 hat sich die Orbitierscheibe 30 ausgehend von dem Umlaufwinkel 101 von 0° entlang der Kompressionsrichtung 100 bereits zu der Umlaufposition 103 von 45° weiterbewegt. Ausgehend von Fig. 3 orbitiert die Orbitierscheibe 30 weiter entlang der Kompressionsrichtung 100 um ein Zentrum der Stationärspirale 21.

[0159] Wenn die Orbitierscheibe 30 ausgehend von Fig. 3 um weitere 270° entlang der Kompressionsrichtung 100 relativ zu der Stationärscheibe 20 orbitiert, erreicht sie eine Umlaufposition von 0° und ihr aktueller Umlauf endet. Das Kältemittel, das in Fig. 3 in dem Kompressionsraum letzter Stufe 14c befunden hatte, ist zu einem großen Anteil in eine Auslassöffnung 28 in der Stationärgrundfläche 22 und damit zum Auslass 12 des Kompressionsabschnitts 10 geführt worden. Die Auslassöffnung 28 ist in einem Zentrum der Stationärscheibe 20 bzw. der Stationärspirale 21 angeordnet.

[0160] Der Spiralverdichter 1 weist eine direkte Ölrückführung 50 zur Rückführung von Öl aus Ölabscheider 45 in den Kompressionsabschnitt 10 auf.

[0161] Genauer erstreckt sich die direkte Ölrückführung 50 von einem ersten Öleinlass 51 in dem Ölabscheider 54 bis zu zwei Mündungsöffnungen 59a, 59b in der Stationärgrundfläche 22 der Stationärscheibe 20. Im Betrieb injiziert die direkte Ölrückführung 50 Öl aus dem Ölabscheider 45 aus den Mündungsöffnungen 59a, 59b direkt zwischen die Stationärscheibe 20 und die Orbitierscheibe 30.

[0162] In der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform umfasst die direkte Ölrückführung 50 entlang der Strömungsrichtung des Öls gesehen den ersten Öleinlass 51, eine erste Fluidverbindung 52 mit einem ersten Drosselventil 53, eine Ausgaskammer 54, eine zweite Fluidverbindung 56 mit einem zweiten Drosselventil 57 und einer Verzweigung 58 sowie ferner zwei Mündungsöffnungen 59a, 59b.

[0163] Im Betrieb herrscht im Innenraum des Ölabscheiders 45 der Auslassdruck. In dem Ölabscheider 45 steigt das Kältemittel nach oben, während sich flüssiges Öl in einer unteren Hälfte des Ölabscheiders 45 ansammelt. So werden das Kältemittel und das Öl voneinander getrennt. In dem flüssigen Öl besteht aufgrund des hohen Auslassdruckes eine erhöhte Löslichkeit für das Kältemittel und das flüssige Öl enthält einen Anteil gelösten Kältemittels.

[0164] Der erste Öleinlass 51 ist in einer unteren Hälfte eines Innenraums des Ölabscheiders 45

angeordnet, während die Ölabscheider-Auslassöffnung an einem oberen Ende des Innenraums des Ölabscheiders 45 angeordnet ist. Durch den Auslassdruck wird flüssiges Öl aus dem Ölabscheider 45 durch den ersten Öleinlass 51 in die erste Fluidverbindung 52 gedrückt.

[0165] In der ersten Fluidverbindung 52 der direkten Ölrückführung 50 durchströmt dieses Öl das erste Drosselventil 53. Das erste Drosselventil 53 kann als unregelmäßiges Drosselventil ausgebildet sein. Beispielsweise kann das erste Drosselventil 53 als eine Blendenöffnung oder Düse ausgeführt sein. Das erste Drosselventil 53 reduziert den Massenstrom des Öls. Danach strömt das Öl weiter in die Ausgaskammer 54. Durch die Beeinflussung des Massenstroms des Öls lässt sich ein Zwischendruck in der Ausgaskammer 54 beeinflussen. Aufgrund des Druckabfalls sinkt die Löslichkeit für das Kältemittel in dem Öl. Das Öl kann nach dem ersten Drosselventil 53 mit Kältemittel übersättigt sein. In der Ausgaskammer 54 kann ein Übersättigungsanteil des Kältemittels verdampfen. In einem unteren Bereich der Ausgaskammer 54 sammelt sich flüssiges Öl und in einem oberen Bereich der Ausgaskammer 54 sammelt sich Kältemittel. Die Ausgaskammer 54 wirkt sozusagen als zusätzlicher Ölabscheider der direkten Ölrückführung 50 und einer Fluidrückführung 70.

[0166] In dem unteren Bereich der Ausgaskammer 54, beispielsweise an einem Bodenbereich der Ausgaskammer 54, ist ein Öleinlass 55 der zweiten Fluidverbindung 56 der direkten Ölrückführung 50 angeordnet. Durch den in der Ausgaskammer 54 herrschenden Zwischendruck wird flüssiges Öl aus der Ausgaskammer 54 durch den Öleinlass 55 in die zweite Fluidverbindung 56 gedrückt.

[0167] Die zweite Fluidverbindung 56 weist ein zweites Drosselventil 57 auf, welches einen Massenstrom des aus der Ausgaskammer austretenden Öls begrenzt. Dadurch kann übrigens auch ein unerwünschter starker Abfall des Zwischendrucks in der Ausgaskammer 54 verhindert werden. Auch das zweite Drosselventil 57 kann als unregelmäßiges Drosselventil ausgeführt sein, beispielsweise als Blendenöffnung oder Düse.

[0168] Stromabwärts des zweiten Drosselventils 57 verzweigt sich die zweite Fluidverbindung 56 an einer Verzweigung 58 in zwei Arme. Beide Arme führen zumindest teilweise durch die Stationärscheibe 20. Sie enden jeweils in einer der Mündungsöffnungen 59a, 59b, die in der Stationärgrundfläche 22 angeordnet sind.

[0169] Jede der Mündungsöffnungen 59a, 59b ist dabei in einem Einlassbereich des Kompressionsabschnitts 10 angeordnet, welcher im Betrieb zumindest zweifach in unmittelbarer Fluidverbindung

mit dem Einlass 11 des Kompressionsabschnitts 10 steht. Dadurch wird aus den Mündungsöffnungen 59a, 59b austretendes Öl von dem angesaugten Kältemittel mitgerissen und danach zusammen mit dem Kältemittel in jeweils neu gebildeten Kompressionsräumen eingeschlossen. Dadurch, dass die Mündungsöffnungen 59a, 59b jeweils im Einlassbereich des Kompressionsabschnitts 10 positioniert sind, werden auch die radial äußeren Eingriffsbereiche der Stationärspirale 21 und der Orbitierspirale 31 hervorragend geschmiert.

[0170] Zudem werden alle Mündungsöffnungen 59a, 59b während jedes Umlaufs der Orbitierscheibe 30 jeweils mindestens einmal von der Orbitierspirale 31 überstrichen. Das sorgt für eine gute Verteilung des zugeführten Öls. Das aus den Mündungsöffnungen 59a, 59b austretende Öl wird von der Orbitierspirale 31 verschmiert. Aus **Fig. 4** ist zum Beispiel ersichtlich, dass die Mündungsöffnung 59a in jedem Umlauf von einem äußeren Ende 34 der Orbitierspirale 31 überstrichen wird.

[0171] Besonders bevorzugte Positionierungen der Mündungsöffnungen 59a, 59b werden weiter unten mit Bezug auf **Fig. 4** noch genauer diskutiert.

[0172] In den Kompressionsräumen 14a, 14b, 14c (siehe **Fig. 3**), die in dem Kompressionsabschnitt 10 zwischen der Stationärscheibe 20 und der Orbitierscheibe 30 gebildet werden, wird das Kältemittel zum Zentrum der Stationärspirale 21 transportiert und dabei durch die Verringerung der Volumina der Kompressionsräume 14a, 14b, 14c verdichtet, bis es den Auslassdruck erreicht hat. Anschließend wird es durch den Auslass 12, welcher in diesem Beispiel eine Auslassöffnung 28 im Zentrum der Stationärscheibe 20 und die Rückschlageinrichtung 13 umfasst, und die Auslassdruckkammer 40 in den Ölabscheider 45 befördert.

[0173] Zusammen mit dem Kältemittel wird dabei auch Öl transportiert und gelangt schließlich wieder in den Ölabscheider 45. Dort wird es vom Kältemittel abgetrennt und steht für einen neuen Zyklus der direkten Ölrückführung 50 zur Verfügung. Das von dem Öl befreite, komprimierte und unter dem Auslassdruck stehende Kältemittel wird aus der durch die Ölabscheider-Auslassöffnung 46 und den Auslassanschluss 92 aus dem Spiralverdichter 1 herausgeführt.

[0174] Anhand von **Fig. 4** wird nun erläutert, wo die Mündungsöffnungen 59a, 59b der direkten Ölrückführung bevorzugt angeordnet sein können.

[0175] Ein Positionswinkel von 0° wird durch das innere Ende 24 der Stationärspirale 21 festgelegt. Dabei ist zu beachten, dass ein Abschlusswulst 24a des inneren Endes 24 für die Festlegung des Posi-

tionswinkels von 0° unbeachtlich ist. Da die Stationärspirale 21 in **Fig. 4** zwei Windungen aufweist, ist ihr äußeres Ende 25 in einem Positionswinkel bzw. einem Spiralwinkel von 720° angeordnet. Entsprechend liegt eine Einlassöffnung eines Verdichterkanals 26, welcher sich zwischen dem äußeren Ende 25 und einem Beginn einer äußeren Windung der Stationärspirale 21 bei einem Positionswinkel von 360° erstreckt, bei dem Positionswinkel 720° .

[0176] **Fig. 4** zeigt einen bevorzugten ersten Bereich $A_{M,1}$ für die Anordnung von Mündungsöffnungen der direkten Ölrückführung 50.

[0177] In **Fig. 4** ist γ ein Positionswinkel des äußeren Endes 25 der Stationärspirale 21. Entsprechend ist γ zugleich ein Positionswinkel eines äußeren Endes des Verdichterkanals 26. An dem Positionswinkel γ hat die Innenseite der Stationärspirale 21 in einer radialen Richtung einen Abstand $R_I(\gamma)$ von dem Zentrum der Stationärspirale 21. Zugleich hat eine Einlassöffnung des Verdichterkanals 26 der Stationärscheibe 20 an dem Positionswinkel in der radialen Richtung eine Breite B_K . Die Breite B_K ergibt sich hier als $B_K = R_I(\gamma) - R_A(\gamma - 360^\circ)$, wobei $R_A(\gamma - 360^\circ)$ ein Abstand der Außenseite der Stationärspirale 21 an einem Positionswinkel ist, der $\gamma - 360^\circ$ entspricht.

[0178] Der erste Bereich $A_{M,1}$ erstreckt sich in Umfangsrichtung von einem Positionswinkel $\gamma - 30^\circ$ bis zu einem Positionswinkel von $\gamma + 30^\circ$ und in radialer Richtung von $R_I(\gamma) - B_K/2$ bis $R_I(\gamma)$. Das bedeutet, dass der erste Bereich $A_{M,1}$ an der Einlassöffnung des Verdichterkanals 26 angeordnet ist, und zwar auf einer radial äußeren Hälfte des Verdichterkanals 26 in diesem Positionswinkelbereich bzw. dessen gedachter Fortsetzung.

[0179] In **Fig. 4** ist die Mündungsöffnung 59a im ersten Bereich $A_{M,1}$ positioniert, und zwar genau beim Positionswinkel $\gamma = 720^\circ$ und nahe an der Außenseite des Verdichterkanals 26, also beispielsweise mit einem radialen Abstand $R_I(\gamma) - B_K/10$ vom Zentrum der Stationärspirale 21. Die Mündungsöffnung 59a wird nur einmal pro Umlauf von der Orbiterspirale 31 verschlossen. In der gezeigten Ausführungsform tritt sie nicht unmittelbar mit innenseitig geführten Kompressionsräumen 14b in Verbindung. Die Mündungsöffnung 59a stellt in besonders vorteilhafter Weise die Schmierung außenseitig Kompressionsräume sicher. In **Fig. 3** ist der Kompressionsraum 14a außenseitig geführt.

[0180] **Fig. 4** zeigt ferner einen bevorzugten zweiten Bereich $A_{M,2}$ für die Anordnung von Mündungsöffnungen der direkten Ölrückführung 50. In diesem Beispiel ist die Mündungsöffnung 59b im zweiten Bereich $A_{M,2}$ positioniert.

[0181] Der zweite Bereich $A_{M,2}$ erstreckt sich radial außerhalb der Stationärspirale 21 rund um einen Positionswinkel θ , wobei $\theta = \gamma + 180^\circ$ ist. Der zweite Bereich $A_{M,2}$ erstreckt sich in Umfangsrichtung von einem Positionswinkel $\theta - 30^\circ$ bis zu einem Positionswinkel von $\theta + 30^\circ$ und in radialer Richtung von $R_A(\theta - 360^\circ)$ bis $R_A(\theta - 360^\circ) + B_K/2$. Ein zweiter Bereich $A_{M,2}$ liegt deshalb außerhalb des Verdichterkanals 26 der Stationärscheibe 20, genauer gesagt auf einer der Einlassöffnung des Verdichterkanals 26 entgegengesetzten Seite. Dabei ist $R_A(\theta - 360^\circ)$ ein radialer Abstand der Außenseite der Stationärspirale 21 am Positionswinkel $\theta - 360^\circ = \gamma - 180^\circ$.

[0182] In **Fig. 4** ist die Mündungsöffnung 59b im zweiten Bereich $A_{M,2}$ positioniert, und zwar genau beim Positionswinkel $\theta = 900^\circ$ und nahe an der Außenseite der äußersten Windung der Stationärspirale 21, also beispielsweise mit einem radialen Abstand $R_A(\theta) + B_K/10$ vom Zentrum der Stationärspirale 21. Die Mündungsöffnung 59b stellt in besonders vorteilhafter Weise die Schmierung innenseitig geführter Kompressionsräume sicher. In **Fig. 3** ist der Kompressionsraum 14b innenseitig geführt.

[0183] In **Fig. 3** sind die Mündungsöffnungen 59a, 59b der direkten Ölrückführung 50 ebenfalls so positioniert, wie es mit Bezug auf **Fig. 4** beschrieben worden ist.

[0184] Der Spiralverdichter 1 umfasst ferner eine Fluidrückführung 70 zur Rückführung von Kältemittel aus der Ausgaskammer 54 in die Kompressionseinheit. Ein Fluideinlass 71 der Fluidrückführung 70 ist in einem oberen Bereich der Ausgaskammer 54 angeordnet. So strömt kein flüssiges Öl aus der Ausgaskammer 54 in die Fluidrückführung 70.

[0185] Die Fluidrückführung 70 erstreckt sich durch die Stationärscheibe 20. Eine Mündungsöffnung 72a der Fluidrückführung 70 ist in dem Verdichterkanal 26 der Stationärscheibe 20 angeordnet (siehe **Fig. 3** und **Fig. 5**). Hier ist die Mündungsöffnung 72a in einem Einlassbereich des Verdichterkanals 26 angeordnet, wird aber zeitweise auch von geschlossenen Kompressionsräumen überstrichen. In **Fig. 3** überstreicht gerade der Kompressionsraum 14b vorletzter Stufe die Mündungsöffnung 72a. Folglich ist ein zeitlicher Mittelwert des Drucks des Kältemittels in dem Verdichterkanal 26 an der Mündungsöffnung 72a höher als der Ansaugdruck. In der vorliegenden Ausführungsform liegt der Zwischen- druck in der Ausgaskammer 54 im ordnungsgemäßen Betrieb über dem zeitlichen Mittelwert des Drucks des Kältemittels in dem Verdichterkanal 26 an der Position der Mündungsöffnung 72a, und zwar - abhängig vom genauen Betriebszustand - im Bereich von 0,2 bar bis 1,5 bar. Die Druckdifferenz zum Auslassdruck drückt flüssiges Öl aus der Ausgaskammer in die zweite Fluidverbindung 56 und

aus den Mündungsöffnungen 59a, 59b der direkten Ölrückführung 50.

[0186] Der Zwischendruck in der Ausgaskammer 54 wird insbesondere beeinflusst durch:

- Den Auslassdruck und den Massenstrom des Öls mitsamt des mittransportierten Kältemittels, welche durch die erste Fluidverbindung 52 in die Ausgaskammer 54 strömen,
- die zeitlichen Mittelwerte der Drücke an den Mündungsöffnungen 59a und 59b und den entsprechenden Massenstrom des Öls, der die Ausgaskammer 54 durch die zweite Fluidverbindung 56 verlässt, und
- den zeitlichen Mittelwert des Drucks des Kältemittels in dem Verdichterkanal 26 an der Mündungsöffnung 72a und den entsprechenden Massenstrom des Kältemittels, der die Ausgaskammer 54 durch die Fluidrückführung 70 verlässt.

[0187] Die treibende Kraft ist der Auslassdruck im Ölabscheider 45.

[0188] Der Zwischendruck (bzw. ein zeitlicher Mittelwert des Zwischendrucks bei unverändertem Betriebszustand) liegt bei dieser Ausführungsform im Betrieb im Bereich von 0,3 bar bis 5 bar über dem Ansaugdruck. Bei einem Ansaugdruck von 1 bar liegt der Zwischendruck im Betrieb minimal um 0,3 bar über dem Ansaugdruck, also absolut bei 1,3 bar, und maximal um 1,9 bar, also absolut bei 1,9 bar. Bei einem Ansaugdruck von 7 bar liegt der Zwischendruck im Betrieb maximal um 4,2 bar über dem Ansaugdruck, also bei 11,2 bar. Natürlich bleibt der Zwischendruck auch dann deutlich unter dem Auslassdruck, welcher in diesem Fall 32 bar beträgt. Bei einem Ansaugdruck von 5 bar liegt der Zwischendruck im Bereich von 0,6 bar bis 3,5 bar über dem Ansaugdruck. Diese Werte sind Beispiele. Der genaue Zwischendruck hängt vom genauen Betriebszustand ab, beispielsweise auch vom Auslassdruck. Die genauen Druckverhältnisse können auch vom verwendeten Kältemittel abhängen.

[0189] Mit anderen Worten liegt der Zwischendruck im Betrieb in einem Bereich von 1,3 bar (minimaler Zwischendruck) und 11,2 bar (maximaler Zwischendruck).

[0190] Anhand von **Fig. 7** werden im Folgenden vorteilhafte Positionen für Mündungsöffnungen 72a, 72b der Fluidrückführung 70 erläutert.

[0191] Im Allgemeinen ist die Mündungsöffnung 72a, 72b der Fluidrückführung 70 in dem Verdichterkanal 26 bevorzugt an einem Positionswinkel (des Verdichterkanals 26) angeordnet, der in einem Bereich von $\varepsilon_{\min} = \gamma - 300^\circ$ und $\varepsilon_{\max} = \gamma$ liegt, wobei

γ der Positionswinkel des äußeren Endes des Verdichterkanals ist.

[0192] **Fig. 7** zeigt zwei besonders bevorzugte Bereiche $A_{M,3}$ und $A_{M,4}$ für die Anordnung von Mündungsöffnungen 72a, 72b der Fluidrückführung 70 im Verdichterkanal 26.

[0193] Der eine Bereich $A_{M,3}$ für die Anordnung von Mündungsöffnungen 72a ist dadurch definiert, dass eine darin liegende Mündungsöffnung 72a der Fluidrückführung 70 an einem Positionswinkel ε_1 angeordnet ist, der in einem Bereich von $\varepsilon_{\min} = \gamma - 300^\circ$ bis $\varepsilon_{\max,1} = \gamma - 180^\circ$ ist, wobei die Mündungsöffnung 72a außerdem derart angeordnet ist, dass sie nur von außenseitig geführten Kompressionsräumen 14b überstrichen wird und genau einmal pro Umlauf von der Orbitierspirale 31 überstrichen wird. Beispielsweise ist die Mündungsöffnung 72a der Fluidrückführung 70 in **Fig. 3**, **Fig. 4** und **Fig. 7** im Verdichterkanal 26 an einem Positionswinkel $\varepsilon_1 = \gamma - 248^\circ$ angeordnet. Die Mündungsöffnung 72a ist außerdem an der Außenseite des Verdichterkanals 26 an diesem Positionswinkel angeordnet. Dadurch wird die Mündungsöffnung 72a in diesen Ausführungsform nur von außenseitig geführten Kompressionsräumen 14b überstrichen. Die Mündungsöffnung 72a hier zu keinem Zeitpunkt in unmittelbarer Fluidverbindung mit einem der innenseitig geführten Kompressionsräume 14a.

[0194] Genauer wird die Mündungsöffnung 72a der Fluidrückführung 70 in dieser Ausführungsform im Bereich des Umlaufwinkels von 0° bis 20° von der Orbitierspirale 31 verschlossen. Wenn der Umlaufwinkel 20° erreicht hat, beginnt der außenseitig geführte Kompressionsraum 14b, die Mündungsöffnung 72a zu überstreichen. In einem Bereich des Umlaufwinkels von 20° bis 270° stehen die Mündungsöffnung 72a und der außenseitig geführte Kompressionsraum 14a in Fluidverbindung. Bei dem in **Fig. 3** gezeigten Umlaufwinkel von 90° steht die Mündungsöffnung 72a der Fluidrückführung 70 beispielsweise über ihre volle Fläche in unmittelbarer Fluidverbindung mit der außenseitig geführten Kompressionskammer 14b. In einem Bereich des Umlaufwinkels von 270° bis 360° verschließt die Orbitierspirale 31 die Mündungsöffnung 72a wieder.

[0195] Bei dem Umlaufwinkel von 20° liegt der Druck des Kältemittels in dem außenseitig geführten Kompressionsraum 14b, der gerade in Fluidverbindung mit der Mündungsöffnung 72a tritt, bereits etwas über dem Ansaugdruck. Das liegt daran, dass dieser Kompressionsraum 14b bereits kurz zuvor beim Umlaufwinkel von 0° (Bezugszeichen 101) abgeschlossen und bis zum Umlaufwinkel von 20° bereits etwas verkleinert wurde.

[0196] Für das folgende Beispiel sei ein Ansaugdruck von 3 bar angenommen. Dann beträgt der Druck des Kältemittels in diesem Kompressionsraum 14b bei dem Umlaufwinkel von 20° zum Beispiel 3,08 bar. Bis zu dem Umlaufwinkel von 270° steigt der Druck des Kältemittels in diesem Kompressionsraum 14b in diesem Beispiel kontinuierlich bis auf 4,76 bar an. Der zeitliche Mittelwert des Drucks des Kältemittels in dem Verdichterkanal 26 an der Mündungsöffnung 72a beträgt dabei 3,76 bar, er liegt also 0,76 bar über dem Ansaugdruck von 3 bar. Es handelt sich dabei um ein nicht-limitierendes Beispiel für einen bestimmten Betriebszustand.

[0197] So liegt bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 3** der zeitliche Mittelwert des Drucks des Kältemittels in dem Verdichterkanal 26 an der Position der Mündungsöffnung 72a der Fluidrückführung 70 beispielsweise

- bei einem Ansaugdruck von 1 bar bei 126 % dieses Ansaugdrucks,
- bei einem Ansaugdruck von 3 bar bei 125 % dieses Ansaugdrucks,
- bei einem Ansaugdruck von 5 bar bei 124 % dieses Ansaugdrucks und
- bei einem Ansaugdruck von 7 bar bei 123 % dieses Ansaugdrucks.

[0198] Wenn die Mündungsöffnung 72a der Fluidrückführung 70 in einer nicht gezeigten Modifikation der Ausführungsform im Bereich $A_{M,3}$ an einen Positionswinkel von $\varepsilon_1 = \gamma - 295^\circ$ verschoben wird, dann liegt der zeitliche Mittelwert des Drucks des Kältemittels in dem Verdichterkanal 26 an der Position der Mündungsöffnung 72a der Fluidrückführung 70 abhängig vom Betriebszustand beispielsweise im Bereich von 138 % bis 142 % des jeweiligen Ansaugdrucks.

[0199] Wenn die Mündungsöffnung 72a der Fluidrückführung 70 in einer nicht gezeigten Modifikation der Ausführungsform im Bereich $A_{M,3}$ an einen Positionswinkel von $\varepsilon_1 = \gamma - 190^\circ$ verschoben wird, dann liegt der zeitliche Mittelwert des Drucks des Kältemittels in dem Verdichterkanal 26 an der Position der Mündungsöffnung 72a der Fluidrückführung 70 abhängig vom Betriebszustand beispielsweise im Bereich von 107 % bis 109 % des jeweiligen Ansaugdrucks.

[0200] Der andere Bereich $A_{M,4}$ für die Anordnung von Mündungsöffnungen 72b' ist dadurch definiert, dass eine darin liegende Mündungsöffnung 72b der Fluidrückführung 70 an einem Positionswinkel ε_2 angeordnet ist, der in einem Bereich von $\varepsilon_{\min,2} = \gamma - 120^\circ$ bis $\varepsilon_{\max} = \gamma$ ist, wobei die Mündungsöffnung 72b außerdem derart angeordnet ist, dass sie nur von innenseitig geführten Kompressionsräumen 14a

überstrichen wird und genau einmal pro Umlauf von der Orbitierspirale 31 überstrichen wird.

[0201] In **Fig. 7** ist beispielhaft die Position für eine Mündungsöffnung 72b in dem Bereich $A_{M,4}$ mit einem Positionswinkel $\varepsilon_2 = \gamma - 68^\circ$ eingezeichnet. Die Mündungsöffnung 72b ist außerdem an der Innenseite des Verdichterkanals 26 an diesem Positionswinkel ε_2 angeordnet. Dadurch wird diese Mündungsöffnung 72b nur von innenseitig geführten Kompressionsräumen 14a überstrichen. Die Mündungsöffnung 72b steht deshalb zu keinem Zeitpunkt in unmittelbarer Fluidverbindung mit einem der außenseitig geführten Kompressionsräume 14b. Diese Mündungsöffnung 72b kann alternativ oder zusätzlich zu der anderen in **Fig. 7** gezeigten Mündungsöffnung 72a der Fluidrückführung 70 ausgebildet sein.

[0202] Beim Abschluss der Kompressionskammern 14a, 14b ist der Positionswinkel der innenseitig geführten Kompressionskammern 14b gegenüber dem Positionswinkel der außenseitig geführten Kompressionskammern 14a um $+180^\circ$ versetzt. Da der Positionswinkel der Mündungsöffnung 72b gegenüber jenem der Mündungsöffnung 72a ebenfalls um $+180^\circ$ versetzt ist, entwickeln sich die Druckverhältnisse an der Mündungsöffnung 72b während eines Umlaufs ähnlich wie diejenigen an der Mündungsöffnung 72a.

[0203] In einer nicht gezeigten Ausführungsform kann eine Mündungsöffnung der Fluidrückführung 70 beispielsweise an einem Positionswinkel in dem Bereich von $\varepsilon_{\max,1}$ bis $\varepsilon_{\min,2}$ angeordnet sein. Eine solche Mündungsöffnung kann in einem mittleren Bereich des Verdichterkanals 26 an diesem Positionswinkel angeordnet sein, sodass sie in jedem Umlauf zweimal vollständig von der Orbitierspirale 31 verschlossen wird und abwechselnd mit innenseitig geführten Kompressionskammern 14a und mit außenseitig geführten Kompressionskammern 14b in Fluidverbindung tritt. Dadurch liegt der mittlere Druck des Kältemittels an dieser Mündungsöffnung zwischen dem mittleren Druck des Kältemittels in außenseitig geführten Kompressionskammern 14b an der Außenseite des Verdichterkanals 26 an diesem Positionswinkel und dem mittleren Druck des Kältemittels in innenseitig geführten Kompressionskammern 14a an der Innenseite des Verdichterkanals 26 diesem Positionswinkel. Wie bereits an anderer Stelle erwähnt können die Zeitbereiche, während denen die Mündungsöffnung vollständig von der Orbitierspirale 31 verschlossen sind, für die Berechnung des mittleren Drucks des Kältemittels an der Mündungsöffnung außen vor bleiben.

[0204] Der Spiralverdichter 1 weist außerdem eine zweite Ölrückführung 82 auf. Die zweite Ölrückführung 82 führt Öl aus dem Ölabscheider 45 in die

Anpressdruckkammer 80 zurück. Sie umfasst einen zweiten Öleinlass 81 in dem Ölabscheider 45 und ein Drosselventil 83, welches zwischen dem zweiten Öleinlass und der Anpressdruckkammer 80 in der zweiten Ölrückführung 82 angeordnet ist.

[0205] Im Betrieb wird durch den im Ölabscheider 45 herrschenden Auslassdruck Öl durch den zweiten Öleinlass 81 in die zweite Ölrückführung 82 gedrückt. Der Druck des Öls wird durch das Drosselventil 83 reduziert. Der Druckabfall in dem Drosselventil 83 beeinflusst den Anpressdruck.

[0206] Das Öl in der Anpressdruckkammer 80 trägt zur Schmierung der Orbitierscheibe 30 bei. Zudem kann ein kleiner Teil des Öls an der Orbitierscheibe 30 vorbei in das Innere des Kompressionsabschnitts 10 kriechen.

[0207] Der in **Fig. 1** gezeigte Spiralverdichter 1 umfasst außerdem eine Referenzverbindung 84 zwischen einem Innenraum der Anpressdruckkammer 80 zu einer Referenzöffnung 86. Die Referenzöffnung 86 ist in der Orbitiergrundfläche 32 der Orbitierscheibe 30 angeordnet, und zwar in einem Verdichterkanal der Orbitierscheibe 30. Die Referenzverbindung 84 beeinflusst den Anpressdruck in der Anpressdruckkammer 80 in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Spiralverdichters 1. Die Referenzverbindung 84 führt von der Anpressdruckkammer 80 durch die Orbitierscheibe 30 zu der Referenzöffnung 86 in der Orbitiergrundfläche 32.

[0208] Die Referenzöffnung 86 der Referenzverbindung 84 ist in der radialen Richtung gesehen weiter innen positioniert als die Mündungsöffnungen 59a, 59b der direkten Ölrückführung 50. In **Fig. 3** ist eine Position der Referenzöffnung 86 der Referenzverbindung 84 in einem Auslassbereich des Verdichterkanals der Orbitierscheibe 30 angedeutet. Deshalb kann die Referenzverbindung 84 nicht oder nur wenig zur Schmierung der radial äußeren Bereiche der Stationärspirale 21 und der Orbitierspirale 31 beitragen. Die Referenzöffnung 86 ist nicht in Einlassbereich des Verdichterkanals der Orbitierscheibe 30 angeordnet. Im Betrieb des Spiralverdichters 1 kommt es deshalb nicht zu einer unmittelbaren Fluidverbindung zwischen dem Einlass 11 des Kompressionsabschnitts 10 und der Referenzöffnung 86.

[0209] Optional umfasst die Referenzverbindung 84 ein Drosselventil 85. Das Drosselventil 85 trägt zur Regulierung des Anpressdrucks bei.

[0210] Der zweite Öleinlass 81 der zweiten Ölrückführung 82 ist in einem Bodenbereich des Ölabscheiders 45 angeordnet. Insbesondere ist er unterhalb des ersten Öleinlasses 51 der direkten Ölrückführung 50 angeordnet. Wenn im Betrieb ein Ölstand in dem Ölabscheider 45 auf einen Stand unterhalb des

ersten Öleinlasses 51 sinkt, fällt der erste Öleinlass 51 trocken und wird nicht mehr mit Öl versorgt. Der zweite Öleinlass 81 wird jedoch weiterhin mit Öl versorgt. Die Ölversorgung der zweiten Ölrückführung genießt dadurch Priorität vor der Ölversorgung der direkten Ölrückführung 50. So ist auch bei Öl-mangel sichergestellt, dass der Anpressdruck erhalten bleibt. Eine gewisse Schmierung des Kompressionsabschnitts 10 bleibt erhalten durch das außen an der Orbitierscheibe 30 vorbeikriechende Öl sowie durch Öl, das von durch den externen Kältemittelkreislauf zurück in den Einlass 11 des Kompressionsabschnitts 10 gelangt. Außerdem kann Öl aus der Anpressdruckkammer 80 durch die Referenzverbindung 84 in den Kompressionsabschnitt 10 gelangen, insbesondere, wenn ein Ölstand in der Anpressdruckkammer sehr hoch ist.

[0211] Der Spiralverdichter 1 umfasst ferner einen Elektromotor und einen Inverter für den Elektromotor (nicht gezeigt). Der Spiralverdichter 1 ist kann in einen Kältemittelkreislauf eines Fahrzeugs integriert werden. Der Spiralverdichter 1 kann beispielsweise in ein Elektrofahrzeug oder ein Hybridfahrzeug eingebaut sein.

[0212] **Fig. 5** zeigt einen Längsschnitt eines Kompressionsabschnitts 10, einer Auslassdruckkammer 40, eines Ölabscheiders 45 und einer direkten Ölrückführung 50 zur direkten Rückführung von Öl aus dem Ölabscheider 45 in den Kompressionsabschnitt 10 gemäß einer zweiten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Spiralverdichters. Die übrigen Elemente dieses Spiralverdichters sind nicht gezeigt. Der Spiralverdichter und seine Bauteile entsprechen dem Aufbau und der Funktionsweise des Spiralverdichters 1 aus **Fig. 1**, sofern nichts anderes angegeben ist. Für gleiche Elemente werden dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0213] **Fig. 6** zeigt einen Querschnitt an der Schnittlinie A in **Fig. 5**.

[0214] In **Fig. 5** und **Fig. 6** ist gezeigt, dass die Ausgaskammer 54 in radialer Richtung (senkrecht zu der Mittelachse der Stationärscheibe 20) außerhalb der Auslassdruckkammer 40 ausgebildet ist und die Auslassdruckkammer 40 umschließt. Die Ausgaskammer 54 hat eine (zumindest im Wesentlichen) hohlzylindrische Grundform. Die Auslassdruckkammer 40 hat eine (zumindest im Wesentlichen) zylindrische Grundform. Die Auslassdruckkammer 40 und die Ausgaskammer 54 sind coaxial angeordnet. Eine hohlzylindrische Mantelwand 41 der Auslassdruckkammer 40 trennt die Auslassdruckkammer 40 und die Ausgaskammer 54 voneinander ab. Auf diese Weise wird der ansonsten ungenutzte Raum um die Mantelwand 41 in vorteilhafter Weise verwendet.

[0215] Die Auslassdruckkammer 40 steht über eine Öffnung 42 in direkter Fluidverbindung mit dem Ölabscheider 45. Ähnlich wie in **Fig. 1** kann optional eine Rückschlageinrichtung an dem Auslass 11 der Kompressionseinheit 10 ausgebildet sein (nicht gezeigt).

[0216] Die beschriebenen Ausführungsformen mit der direkten Ölrückführung 50 erlauben einen besonders effizienten Betrieb und weisen eine hohe Zuverlässigkeit auf.

Bezugszeichenliste

		52	erste Fluidverbindung
		53	erstes Stromventil (Drosselventil)
		54	Ausgaskammer
		55	Öleinlass
		56	zweite Fluidverbindung
		57	zweites Stromventil (Drosselventil)
1	Spiralverdichter	58	Verzweigung
10	Kompressionsabschnitt	59a, 59b	Mündungsöffnung (der direkten Ölrückführung)
11	Einlass (des Kompressionsabschnitts)	70	Fluidrückführung
12	Auslass (des Kompressionsabschnitts)	71	Fluideinlass
13	Rückschlageinrichtung	72a, 72b	Mündungsöffnung (der Fluidrückführung)
14a, 14b, 14c	Kompressionsraum	80	Anpressdruckkammer
20	Stationärscheibe		
21	Stationärspirale	81	zweiter Öleinlass
22	Stationärgrundfläche	83	Stromventil (Drosselventil)
24	inneres Ende (der Stationärspirale)	84	Referenzverbindung
25	äußeres Ende (der Stationärspirale)	85	Stromventil (Drosselventil)
26	Verdichterkanal (der Stationärscheibe)	86	Referenzöffnung
28	Auslassöffnung (der Stationärscheibe)	90	Gehäuse
28		91	Ansauganschluss
30	Orbitierscheibe	92	Auslassanschluss
31	Orbitierspirale	93	Ansaugdruckkammer
32	Orbitiergrundfläche	$A_{M,1}, A_{M,2}, A_{M,3}, A_{M,4}$	Bereich
34	äußeres Ende (der Orbitierspirale)	$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_{\min}, \varepsilon_{\max}$	Positionswinkel
40	Auslassdruckkammer	$\varepsilon_{1,\max}, \varepsilon_{2,\min}$	Positionswinkel
41	Mantelwand	γ	Positionswinkel des äußeren Endes des Verdichterkanals
42	Öffnung	θ	Positionswinkel
45	Ölabscheider	$R_i(\gamma)$	radialer Abstand der Innenseite des Stationärspirale an dem äußeren Ende des Verdichterkanals
46	Ölabscheider-Auslassöffnung		
50	direkte Ölrückführung		
51	erster Öleinlass		

B_K

Breite des Verdichterkanals in der radialen Richtung an dem äußeren Ende des Verdichterkanals $R_a(\theta - 360^\circ)$
radialer Abstand der Außenseite der Stationärspirale am Positionswinkel $\theta - 360^\circ$

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- DE 102017125968 A1 [0123]
- WO 2019/092024 A1 [0123]

Patentansprüche

1. Spiralverdichter (1) zur Kompression eines Fluids, umfassend:

einen Kompressionsabschnitt (10) aufweisend

- einen Einlass (11) des Kompressionsabschnitt (10) zur Ansaugung des Fluids in den Kompressionsabschnitt (10),
- einen Auslass (12) des Kompressionsabschnitt (10) zum Ausstoßen des komprimierten Fluids aus dem Kompressionsabschnitt (10),
- eine Stationärscheibe (20) mit einer Stationärspirale (21), und
- eine Orbitierscheibe (30) mit einer Orbitierspirale (31), wobei die Orbitierscheibe (30) relativ zu der Stationärscheibe (20) entlang einer Kompressionsrichtung (100) orbitierbar ist, um das Fluid von dem Einlass (11) des Kompressionsabschnitts (10) zu dem Auslass (12) des Kompressionsabschnitts (10) zu befördern und dabei zu komprimieren; und einen Ölabscheider (45) zum Abscheiden von Öl aus dem komprimierten Fluid; und **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spiralverdichter (1) zusätzlich eine direkte Ölrückführung (50) zur direkten Rückführung von Öl aus dem Ölabscheider (45) in den Kompressionsabschnitt (10) aufweist, wobei die direkte Ölrückführung (50) zumindest eine Mündungsöffnung (59a, 59b) aufweist.

2. Spiralverdichter (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mündungsöffnung (59a, 59b) der direkten Ölrückführung (50) in der Stationärscheibe (20) angeordnet ist.

3. Spiralverdichter (1) nach Anspruch 2, wobei die Stationärscheibe (20) eine Stationärspirale (21) aufweist, die auf einer Stationärgrundfläche (22) der Stationärscheibe (20) angeordnet ist und einen spiralförmigen Verdichterkanal (26) der Stationärscheibe (20) ausbildet, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mündungsöffnung (59a, 59b) der direkten Ölrückführung (50) in einem Ansaugbereich des Verdichterkanals (26) angeordnet ist, welcher im Betrieb zumindest zeitweise in unmittelbarer Fluidverbindung mit dem Einlass (11) des Kompressionsabschnitts (10) steht und/oder außerhalb des Verdichterkanals (26) angeordnet ist.

4. Spiralverdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Stationärscheibe (20) die Stationärspirale (21) aufweist, die auf der Stationärgrundfläche (22) der Stationärscheibe (20) angeordnet ist und den spiralförmigen Verdichterkanal (26) ausbildet, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mündungsöffnung (59a, 59b) der direkten Ölrückführung (50) entweder an einem Positionswinkel in einem Bereich von $\gamma - 30^\circ$ und $\gamma + 30^\circ$ angeordnet ist, wobei γ ein Positionswinkel eines äußeren Endes des Verdichterkanals (26) ist, und in einem radialen

Abstand $R_{M,1}$ von einem Zentrum der Stationärscheibe (20) angeordnet ist, wobei $R_{M,1}$ in einem Bereich zwischen $(R_i(\gamma) - B_K)$ und $R_i(\gamma)$ liegt, wobei $R_i(\gamma)$ ein radialer Abstand einer Innenseite der Stationärspirale (21) an einem äußeren Ende des Verdichterkanals (26) ist und B_K eine Breite des Verdichterkanals (26) entlang der radialen Richtung an dem äußeren Ende des Verdichterkanals (26) ist, oder außerhalb der Stationärspirale (21) und an einem Positionswinkel im Bereich von $\theta - 30^\circ$ bis $\theta + 30^\circ$, und in einem radialen Abstand $R_{M,2}$ von dem Zentrum der Stationärscheibe (20) angeordnet ist, wobei $\theta = \gamma + 180^\circ$ ist und $R_{M,2}$ in einem Bereich von $R_A(\theta) - 360^\circ$ bis $R_A(\theta) - 360^\circ + B_K$ liegt, wobei $R_A(\theta) - 360^\circ$ ein radialer Abstand einer Außenseite der Stationärspirale (21) am Positionswinkel $\theta - 360^\circ$ ist.

5. Spiralverdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die direkte Ölrückführung (50) ein erstes Stromventil (53) und eine Ausgaskammer (54) umfasst, die zwischen dem ersten Stromventil (53) und der Mündungsöffnung (59a, 59b) der direkten Ölrückführung (50) angeordnet ist.

6. Spiralverdichter (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die direkte Ölrückführung (50) ein zweites Stromventil (57) umfasst, welches nach der Ausgaskammer (54) angeordnet ist.

7. Spiralverdichter (1) nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spiralverdichter (1) eine Fluidrückführung (70) zur Rückführung von Fluid aus der der Ausgaskammer (54) in den Kompressionsabschnitt (10) aufweist.

8. Spiralverdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spiralverdichter (1) eine Auslassdruckkammer (40) aufweist, wobei der Ölabscheider (45) über die Auslassdruckkammer (40) in direkter Fluidverbindung mit dem Auslass (12) des Kompressionsabschnitts (10) steht.

9. Spiralverdichter (1) nach Anspruch 5 und 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausgaskammer (54) in radialer Richtung außerhalb der Auslassdruckkammer (40) ausgebildet ist und die Auslassdruckkammer (40) umschließt.

10. Spiralverdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spiralverdichter (1) ferner umfasst: eine Anpressdruckkammer (80), die im Kompressionsbetrieb mit einem Anpressdruck beaufschlagt ist, wobei die Orbitierscheibe (30) durch den Anpressdruck gegen die Stationärscheibe (20) gedrückt wird; und

eine zweite Ölrückführung (82) zur Rückführung von Öl aus dem Ölabscheider (45) in die Anpressdruckkammer (80).

11. Spiralverdichter (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Ölrückführung (82) bei Ölmangel Priorität vor der direkten Ölrückführung (50) genießt.

12. Spiralverdichter (1) nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die direkte Ölrückführung (50) einen ersten Öleinlass (51) aufweist, der sich in den Ölabscheider (45) öffnet, und dass die zweite Ölrückführung (82) einen zweiten Öleinlass (81) aufweist, der sich in den Ölabscheider (45) öffnet, wobei der erste Öleinlass (51) oberhalb des zweiten Öleinlasses (81) angeordnet ist.

13. Spiralverdichter (1) nach einer der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spiralverdichter (1) eine Referenzöffnung (86), die in dem Kompressionsabschnitt (10) angeordnet ist, und eine Referenzverbindung (84) aufweist, die eine Fluidverbindung zwischen der Anpressdruckkammer (80) und der Referenzöffnung (86) zur Beeinflussung des Anpressdrucks anhand eines im Betrieb an der Referenzöffnung (86) anliegenden Referenzdrucks ausbildet.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

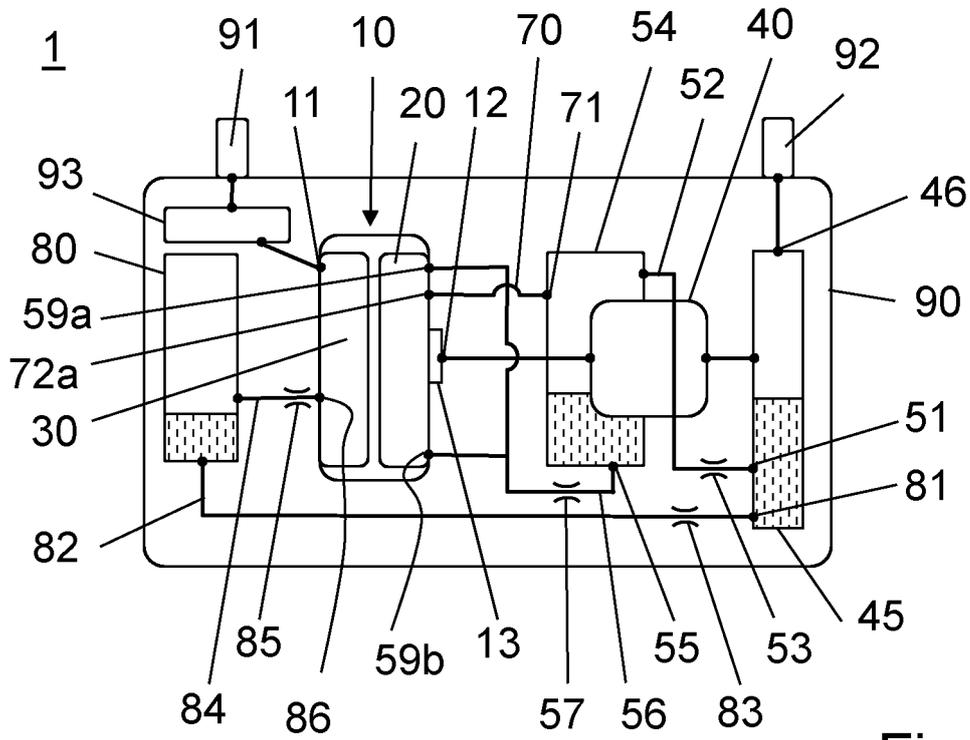


Fig. 1

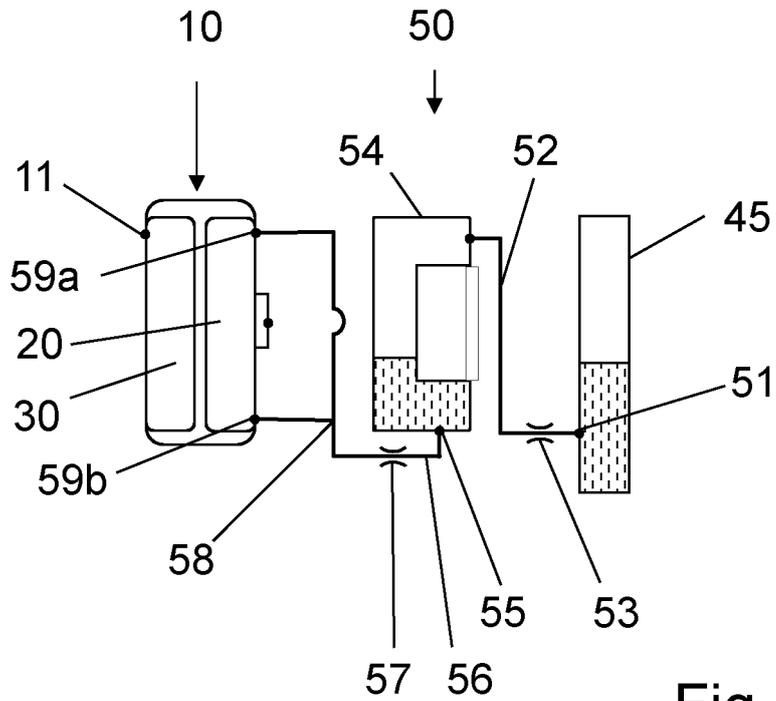


Fig. 2

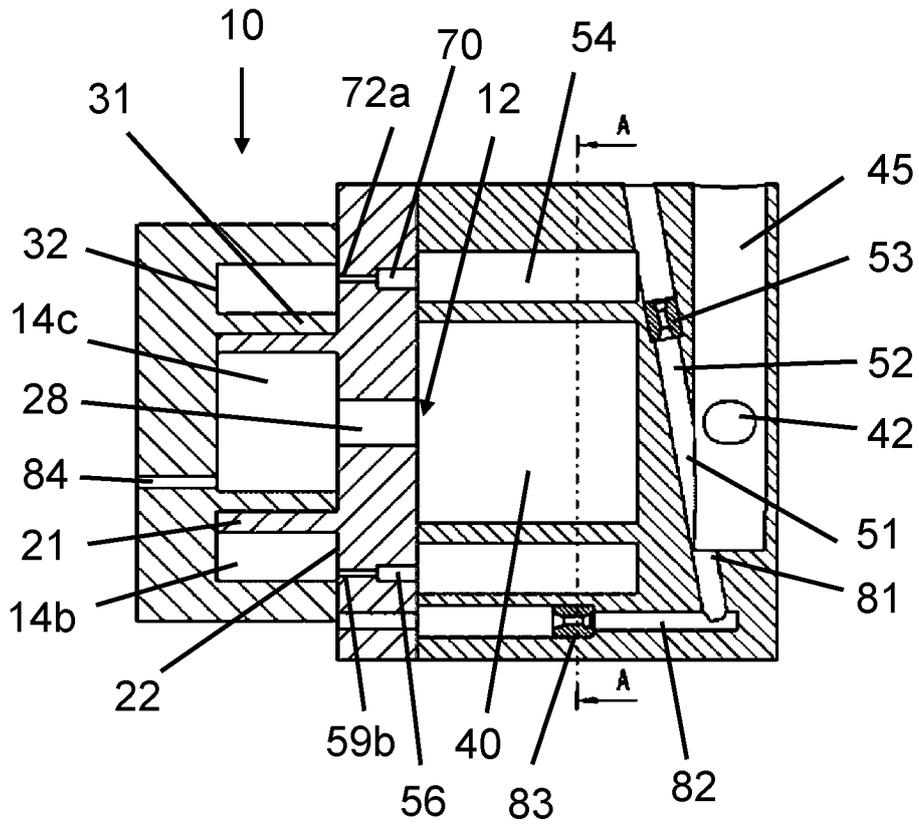


Fig. 5

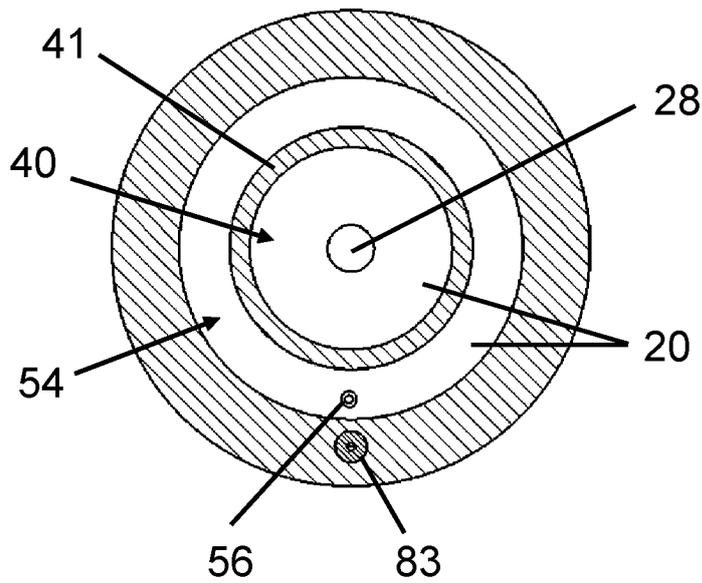


Fig. 6

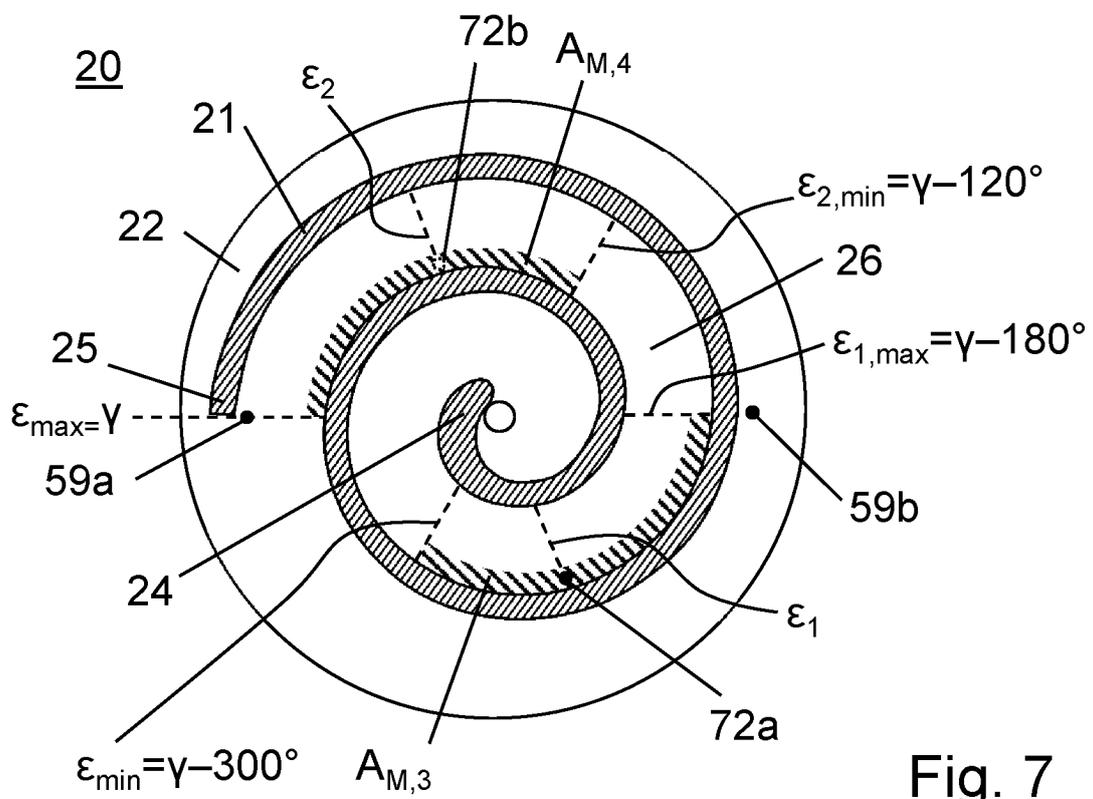


Fig. 7