

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Juli 2019 (11.07.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/134869 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

F04C 29/00 (2006.01) F04C 18/16 (2006.01)
F04C 29/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/086819

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Dezember 2018 (21.12.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
18150650.2 08. Januar 2018 (08.01.2018) EP

(71) Anmelder: KAESER KOMPRESSOREN SE [DE/DE];
Carl-Kaesar-Straße 26, 96450 Coburg (DE).

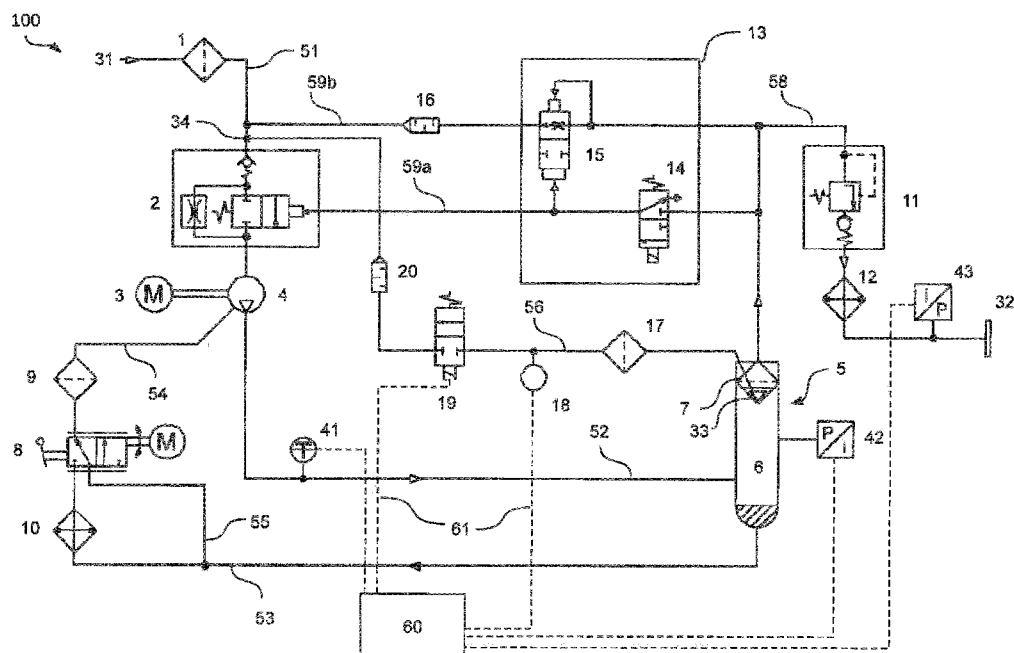
(72) Erfinder: LUCKNER, Peter; c/o KAESER KOMPRESSOREN SE, Carl-Kaesar-Str. 26, 96450 Coburg (DE). BITTERMANN, Thomas; c/o KAESER KOMPRESSOREN SE, Carl-Kaesar-Str. 26, 96450 Coburg (DE).

(74) Anwalt: ZECH, Stefan M.; P.O. Box 860624, 81633 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: COMPRESSOR HAVING A SUCTION LINE AND METHOD FOR CONTROLLING A COMPRESSOR

(54) Bezeichnung: KOMPRESSOR MIT ABSAUGLEITUNG UND VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINES KOMPRESSORS



Figur 1

(57) Abstract: The invention relates to a compressor (100), in particular a screw compressor, for generating compressed air and to a method for controlling such a compressor (100). The compressor (100) comprises a compressor block (4) with liquid injection for compressing suctioned air, a liquid separator (5) which is connected to the compressor block (4) via a pressure line (52) and has a separation container (6) and a fine particle separator (7), a return line (53) for recirculating separated liquid from the separation container (6) into the compressor block (4), a suction line (56) for suctioning liquid from at least one suction point (33) of the fine particle separator (7) to a supply point (34) in order to supply the suctioned liquid to the compressor block (4), a controllable valve (19) for regulating the flow rate through the suction line (56), a control unit (60) for controlling the valve (19), and a media change sensor (18)



WO 2019/134869 A2

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

for detecting a media change of a medium flowing in the suction line (56), in particular of suctioned liquid to compressed air, which is connected to the control unit (60).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen Kompressor (100), insbesondere Schraubenkompressor, zur Erzeugung von Druckluft sowie ein Verfahren zur Steuerung eines solchen Kompressors (100). Der Kompressor (100) umfasst einen Verdichterblock (4) mit Flüssigkeitseinspritzung zur Verdichtung von angesaugter Luft, einen Flüssigkeitsabscheider (5), der über eine Druckleitung (52) mit dem Verdichterblock (4) verbunden ist und einen Abscheidebehälter (6) und einen Feinabscheider (7) aufweist, eine Rückführleitung (53) zur Rückführung von abgeschiedener Flüssigkeit aus dem Abscheidebehälter (6) in den Verdichterblock (4), eine Absaugleitung (56) zur Absaugung von Flüssigkeit von mindestens einer Absaugstelle (33) des Feinabscheiders (7) zu einer Zuführstelle (34), um die abgesaugte Flüssigkeit dem Verdichterblock (4) zuzuführen, ein steuerbares Ventil (19) zur Regelung der Durchflussmenge durch die Absaugleitung (56), eine Steuereinheit (60) zur Steuerung des Ventils (19), und einen Medienwechselsensor (18) zur Erfassung eines Medienwechsels eines in der Absaugleitung (56) strömenden Mediums, insbesondere von abgesaugter Flüssigkeit zu Druckluft, der mit der Steuereinheit (60) verbunden ist.

Kompressor mit Absaugleitung und Verfahren zur Steuerung eines Kompressors

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Kompressor, insbesondere einen flüssigkeitseingespritzten Schraubenkompressor, zur Erzeugung von Druckluft nach Anspruch 1 sowie ein Verfahren zur Steuerung eines Kompressors nach Anspruch 14.

Die in flüssigkeitseingespritzten Schraubenkompressoren zur Schmierung bzw. Kühlung eingespritzte Flüssigkeit ist typischerweise Öl oder Wasser. In öleingespritzten Schraubenkompressoren muss das in den Verdichterblock bzw. die Verdichterstufe eingespritzte Öl von der erzeugten Druckluft getrennt werden, um das Öl im Ölkreislauf halten zu können und Druckluft mit möglichst niedrigem Restölgehalt produzieren zu können.

Hierfür wird das Öl in sog. Ölabscheidebehältern üblicherweise in zwei Stufen abgeschieden. Die erste Abscheidestufe umfasst eine mechanische Vorabscheidung, wobei der größte Teil des Öls aus dem Druckluft-Öl-Gemisch abscheidbar ist und sich schwerkraftbedingt im unteren Bereich des Ölabscheidebehälters ansammelt. In der zweiten Abscheidestufe kommen bei einer Feinabscheidung ein oder mehrere sog. Ölabscheidepatronen zum Einsatz um auch feinste Öltropfen abscheiden zu können. Diese Patronen sind mit einem Filter, bestehend aus einem oder mehreren Filtermedien, ausgerüstet. Die der ersten Abscheidestufe zugewandte Filterseite wird üblicherweise „nasse Seite“

genannt, die dem Druckluftaustritt zugewandte Filterseite wird meist „trockene Seite“ genannt. Die im Druckluft-Öl-Gemisch enthaltenen Öltropfen setzen sich beim Durchtritt durch das Filter auf beiden Seiten des Filters ab. Auf der nassen Seite des Filtermediums können abgeschiedene Öltropfen an der Oberfläche des Filters akkumulieren und gelangen durch Abtropfen in den Ölabscheidebehälter zurück in den Ölkreislauf. Auf der trockenen Seite des Filtermediums akkumulieren abgeschiedene Öltropfen, laufen am Filter schwerkraftbedingt nach unten und sammeln sich je nach Bauart am Boden des Filterelements oder dessen Sitz. Diese Ölmengen können jedoch nicht ohne zusätzliche Maßnahmen zurück in den Ölkreislauf gelangen, da das Druckluft-Öl-Gemisch beim Durchtritt durch das Filter einen Druckverlust erfährt und eine Strömung entgegen dem Druckgefälle nicht möglich ist.

Üblicherweise werden diese Ölmengen über eine Absaugleitung abgesaugt, die das Öl auf ein geringeres Druckniveau zurückführt - z.B. den Ansaugbereich des Verdichterblocks. Wenn das auf der trockenen Seite akkumulierte Öl vollständig abgesaugt wurde, wird über die Absaugleitung auch Druckluft zurück zum Verdichterblock gefördert. Die Absaugleitung stellt dann eine unerwünschte Rührführleitung für Druckluft dar, über die neben abzusaugendem Öl auch bereits verdichtete Druckluft zurück in den Verdichterblock gelangen kann. Dadurch werden die Effizienz bzw. der Wirkungsgrad des Kompressors negativ beeinflusst.

Im Stand der Technik werden verschiedene Maßnahmen ergriffen, um den Rückstrom über die Absaugleitung auf ein zur Absaugung des Öls notwendiges Minimum zu begrenzen.

In der US 4,070,166 wird hierfür beispielsweise der Querschnitt der Absaugleitung entsprechend klein dimensioniert und/oder eine Düse eingesetzt. Dies allein reicht jedoch als Maßnahme nicht aus, da über eine Leitung, die hinsichtlich ihres Querschnittes gerade noch ausreichend dimensioniert ist, um das akkumulierte Öl abzusaugen, immer noch inakzeptabel große Druckluftvolumenströme gefördert werden können. Auch kann der Querschnitt nicht beliebig verkleinert werden, da sonst Schmutzpartikel die Absaugleitung verstopfen könnten.

Daher ist aus dem Stand der Technik als weitere Maßnahme eine Reduzierung des Druckgefälles bekannt. Anstelle der Absaugung in den Ansaugbereich kann eine

Absaugung in einen Bereich im Verdichterblock genügen, in dem die Verdichtung bereits begonnen hat, der volle Verdichtungsenddruck aber noch nicht erreicht ist.

In der US 4,070,166 ist eine Absaugleitung z.B. an die Öleinspritzleitung angeschlossen. Je nach Positionierung des Anschlusses kann ein zusätzliches Rückschlagventil erforderlich sein, um eine Rückströmung von Öl auf die trockene Seite der zweiten Abscheidestufe zu verhindern.

Allerdings hat auch eine entsprechend der oben genannten Maßnahmen im Querschnitt und Differenzdruck optimierte Absaugleitung messbaren Einfluss auf die Effizienz des Kompressors. Weiterhin gehen die Maßnahmen zu Lasten der Zuverlässigkeit des Absaugsystems an sich. Enge Querschnitte können verschmutzen und verstopfen, niedrige Differenzdrücke begünstigen dieses Verhalten. Gegebenenfalls erforderliche Rückschlagventile können Fehlfunktionen erleiden und so das Absaugsystem lahmlegen. Auch weitere im Stand der Technik bekannte Maßnahmen lösen diese Probleme nur teilweise.

Die EP 0 744 550 A2 zeigt ein zusätzliches Ventil in der Absaugleitung, das geöffnet und geschlossen werden kann. Diese Anordnung kann die effizienzschmälernde Rückströmung von Druckluft in den Verdichterblock aber nicht verhindern.

US 2015/0343365 A1 beschreibt ein Absaugsystem mit Ölstandsüberwachung im Bereich der zweiten Abscheidestufe, welches den effizienzschädlichen Durchtritt von Druckluft in den Verdichterblock verhindern soll. Die technische Realisierung dieser Lösung ist jedoch aufwändig und unzuverlässig. Ein beschriebenes Schwimmerventil ist anfällig für Fehlfunktionen, z.B. aufgrund von Verschmutzungen.

Die aus dem Stand der Technik bekannten Maßnahmen lösen das Problem einer Rückströmung von Druckluft aus einem Feinabscheider zurück zum Verdichterblock nur unzureichend.

Die vorliegende Erfindung hat deshalb die Aufgabe, einen Kompressor und ein Verfahren zur Steuerung eines Kompressors zur Erzeugung von Druckluft bereitzustellen, bei dem die Rückströmung von Druckluft aus einem

Flüssigkeitsabscheider in den Verdichterblock zuverlässig verhindert werden kann. Dadurch soll insbesondere die Effizienz des Kompressors verbessert werden.

Diese Aufgabe wird durch einen Kompressor nach Anspruch 1 gelöst.

Insbesondere wird die Aufgabe gelöst durch einen Kompressor, insbesondere Schraubenkompressor, zur Erzeugung von Druckluft, umfassend:

- einen Verdichterblock mit Flüssigkeitseinspritzung zur Verdichtung von angesaugter Luft,
- einen Flüssigkeitsabscheider, der über eine Druckleitung mit dem Verdichterblock verbunden ist und einen Abscheidebehälter und einen Feinabscheider aufweist,
- eine Rückführleitung zur Rückführung von abgeschiedener Flüssigkeit aus dem Abscheidebehälter in den Verdichterblock,
- eine Absaugleitung zur Absaugung von Flüssigkeit von mindestens einer Absaugstelle des Feinabscheiders zu einer Zuführstelle, um die abgesaugte Flüssigkeit dem Verdichterblock zuzuführen,
- ein steuerbares Ventil zur Regelung der Durchflussmenge durch die Absaugleitung,
- eine Steuereinheit zur Steuerung des Ventils, und
- einen Medienwechselsensor zur Erfassung eines Medienwechsels eines in der Absaugleitung strömenden Mediums, insbesondere von abgesaugter Flüssigkeit zu Druckluft, der mit der Steuereinheit verbunden ist.

Die Druckleitung, der Flüssigkeitsabscheider, und die Rückführleitung bilden insbesondere einen Teil eines Flüssigkeitskreislaufes des Kompressors, wobei die eingespritzte Flüssigkeit zur Schmierung und/oder Kühlung des Verdichterblocks dienen kann. Insbesondere kann die Flüssigkeit Öl oder Wasser sein.

Die Zuführstelle kann im Ansaugbereich des Verdichterblocks, im Verdichtergehäuse, an einem Lagerdeckel, insbesondere an einer Position nach der Ansaugung und vor dem Erreichen des Verdichtungsenddrucks, an einer Flüssigkeitseinspritzleitung, die insbesondere einen Abschnitt der Rückführleitung bildet, oder an einer Gleitringdichtung des Verdichterblocks vorgesehen sein. Insbesondere ist die Zuführstelle (unmittelbar) stromaufwärts oder stromabwärts

eines Einlassventils des Verdichterblocks vorgesehen. Die Zuführstelle kann im Bereich eines atmosphärischen Druckniveaus (z.B. im Ansaugbereich) oder im Bereich eines Zwischendruckniveaus, d.h. eines Druckniveaus über dem atmosphärischen Druck aber unter dem Verdichtungsenddruck, vorgesehen sein, zum Beispiel am Verdichtergehäuse, an einem Lagerdeckel, an einer Flüssigkeitseinspritzleitung, oder an einer Gleitringdichtung des Verdichterblocks. Die Absaugstelle ist insbesondere eine Sammelstelle für im Feinabscheider abgeschiedene Flüssigkeit und vorzugsweise in einem, entgegen der Richtung der Schwerkraft gesehen, oberen Bereich des Flüssigkeitsabscheiders angeordnet. Die Rückführleitung ist vorzugsweise in einem unteren Bereich des Flüssigkeitsabscheiders an den Abscheidebehälter angeschlossen. Der Verdichterblock ist insbesondere an einen Antrieb, insbesondere einen Motor, anschließbar bzw. ankuppelbar, um angetrieben zu werden. Der Verdichterblock könnte statt zur Verdichtung von Luft alternativ auch zur Verdichtung eines anderen Gases, insbesondere von Stickstoff oder Helium ausgebildet sein.

Die Absaugleitung verbindet insbesondere die Absaugstelle mit einer Zuführstelle zur Zuführung (Einspeisung) der abgesaugten Flüssigkeit bzw. des in der Absaugleitung strömenden Mediums (zurück) zum bzw. in den Verdichterblock. Ein in der Absaugleitung strömendes Medium kann eine genannte Flüssigkeit oder Druckluft bzw. ein Gemisch aus Flüssigkeit und Druckluft sein.. Eine in der Absaugleitung strömende abgesaugte Flüssigkeit kann als Zweiphasenströmung aus Flüssigkeit und Druckluft ausgebildet, z.B. Form von Luftblasen mit Druckluft durchmischt, sein. Die Absaugleitung kann auch (zeitweise) nur von Druckluft durchströmt werden.

Als ein Medienwechsel kann ein Übergang von einem strömenden Medium, z. B. der eingespritzten Flüssigkeit, zu einem anderen strömenden Medium, z. B. der erzeugten Druckluft oder einem Flüssigkeit-Druckluft-Gemisch mit einem relativ hohen Anteil an Druckluft, in einer Leitung oder einem bestimmten Leitungsabschnitt verstanden werden. Ein Medienwechsel kann auch umgekehrt, d.h. insbesondere von der erzeugten Druckluft oder einem Flüssigkeit-Druckluft-Gemisch zu der eingespritzten Flüssigkeit erfolgen. Insbesondere findet ein Medienwechsel in der Absaugleitung statt, wenn die an der Absaugstelle abgeschiedene Flüssigkeit (nahezu) vollständig abgesaugt wurde und aufgrund eines Druckgefälles zwischen der Absaugstelle und einer Zuführstelle der Absaugleitung Druckluft in die Absaugleitung einströmt.

Ein Medienwechselsensor ist insbesondere dazu ausgebildet, einen Medienwechsel aufgrund einer Erfassung einer Eigenschaft des strömenden Mediums zu erfassen. Vorzugsweise erfasst der Medienwechselsensor den Volumenstrom (oder den Massenstrom) des strömenden Mediums, und ist insbesondere dazu ausgebildet, anhand des erfassten Volumenstroms die in der Absaugleitung strömenden Medien zu unterscheiden. Insbesondere kann ein sich sprunghaft oder kontinuierlich (zeitlich) verändernder Volumenstrom einen Medienwechsel anzeigen. Zum Beispiel könnte ein vorbestimmter Druckluftanteil am Volumenstrom des in der Absaugleitung strömenden Mediums als ein Kriterium für einen Medienwechsel, insbesondere als Schwellwert für die Detektion eines Medienwechsels, dienen.

Der Medienwechselsensor ist insbesondere ein elektronischer Sensor und kann auf verschiedensten physikalischen Messprinzipien beruhen, beispielsweise einem kapazitiven, kalorimetrischen, optischen oder akustischen Messprinzip sowie einer Erfassung eines Drucks des Mediums oder von Vibrationen bzw. Schwingungen. Der Medienwechselsensor kann ein System aus mehreren Sensoren sein, die jeweils auf verschiedenen Messprinzipien beruhen können. Die Ausgabe eines Medienwechselsensors ist vorzugsweise ein digitales Signal, kann aber auch ein analoges Signal sein. Der Medienwechselsensor kann zur Erzeugung und Übertragung von Medienwechselsdaten ausgebildet sein, die beispielsweise Informationen über das Vorhandensein eines bestimmten Mediums (ja/nein) oder eines Volumenanteils eines bestimmten Mediums in der Absaugleitung sowie physikalische Parameter des in der Absaugleitung strömenden Mediums umfassen können. Der Medienwechselsensor kann leitungsgebunden oder drahtlos, insbesondere über eine Funkverbindung, mit der Steuereinheit verbunden sein, wobei ein Ausgangssignal an die Steuereinheit des Kompressors und/oder eine externe Steuereinheit übertragen werden kann. Der Medienwechselsensor kann insbesondere ein Durchflusssensor zur Erfassung eines sich verändernden Volumenstroms des Mediums in der Absaugleitung sein.

Die Steuerung des Ventils erfolgt vorzugsweise basierend auf einem von der Steuereinheit empfangenen Ausgangssignal des Medienwechselsensors. Die Steuereinheit umfasst insbesondere eine Recheneinheit, beispielsweise eine CPU oder einen Mikroprozessor, und kann Steuerbefehle für ein elektronisch steuerbares Ventil oder elektrische Steuersignale für ein elektrisch ansteuerbares Ventil ausgeben.

Insbesondere ist über das Ventil die Durchflussmenge eines Mediums durch die Absaugleitung regelbar. Die Absaugleitung kann durch das Ventil vollständig geöffnet bzw. freigegeben und vollständig verschlossen bzw. versperrt werden, vorzugsweise zumindest im Wesentlichen luft- bzw. flüssigkeitsdicht.

Insbesondere ist das Ventil zwischen einer Freigabestellung und einer Sperrstellung hin- und her schaltbar, wobei auch Zwischenstellungen des Ventils vorgesehen sein können, die insbesondere stufenlos einstellbar sein können, um den Volumenstrom durch die Absaugleitung zu regeln. In Abgrenzung zum Stand der Technik ist das erfindungsgemäße Ventil insbesondere kein Rückschlagventil.

Ein erfindungsgemäßer Kompressor hat den Vorteil, dass die Absaugleitung bedarfsabhängig nur so lange freigegeben wird, wie auch tatsächlich Flüssigkeit abgesaugt werden kann. Sobald der Medienwechselsensor einen Medienwechsel von Flüssigkeit zu Druckluft erfasst, kann die Absaugleitung durch das Ventil versperrt werden. Auf diese Weise wird die effizienzmindernde Rückströmung von Druckluft in den Verdichterblock zuverlässig verhindert oder zumindest weitestgehend vermieden. Die an der Absaugstelle abgeschiedene Flüssigkeit wird bedarfsgerecht abgesaugt. Außerdem kann die Absaugleitung dadurch mit größerem Querschnitt und größerem Druckgefälle dimensioniert werden, wodurch die Betriebszuverlässigkeit erhöht wird. Ein aus dem Stand der Technik bekanntes Rückschlagventil in der Absaugleitung kann entfallen, da die Absaugleitung in den Betriebszuständen des Kompressors, in denen sich das Druckgefälle über die Absaugleitung umkehren könnte, zum Beispiel bei Umschaltung von Lastlauf auf Stillstand, oder bei einem Nothalt, durch das Ventil sicher versperrt werden kann. Durch den Wegfall des Rückschlagventils erhöht sich die Betriebszuverlässigkeit weiter. Insgesamt wird durch einen erfindungsgemäßen Kompressor mit einem Medienwechselsensor und einem steuerbaren Ventil die Zuverlässigkeit erhöht und die Effizienz verbessert.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Medienwechselsensor zumindest teilweise in der Absaugleitung angeordnet und/oder dazu ausgebildet, eine Veränderung eines physikalischen Parameters des in der Absaugleitung strömenden Mediums berührungslos zu erfassen. Der Medienwechselsensor kann teilweise oder ganz in der Absaugleitung angeordnet sein, um zur Erfassung eines physikalischen Parameters mit dem in der Absaugleitung strömenden Medium im Kontakt zu stehen oder um einen physikalischen Parameter des in der

Absaugleitung strömenden Mediums berührungslos zu erfassen. Der Medienwechselsensor kann alternativ außerhalb der Absaugleitung, vorzugsweise an oder auf der Absaugleitung, angeordnet sein, um einen physikalischen Parameter des in der Absaugleitung strömenden Mediums berührungslos zu erfassen. Der Medienwechselsensor kann beispielsweise als ein kalorimetrischer Sensor, optischer Sensor, insbesondere Reflexions- oder Trübungssensor, oder als Vibrations- bzw. Schwingungssensor in der Absaugleitung, d.h. im Kontakt mit dem Medium, angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich könnte ein Medienwechselsensor als ein kapazitiver Sensor oder ein akustischer Sensor, insbesondere Ultraschallsensor oder als ein Mikrofon, berührungslos messend ausgeführt sein, d.h. ohne direkten Kontakt mit dem Medium.

Ein Medienwechselsensor kann ein auf unterschiedlichen Messprinzipien beruhender Sensor sein. Der Medienwechselsensor kann ein kapazitiver Sensor sein.. Ein kalorimetrischer Sensor kann zur Erfassung eines Medienwechsels angepasst sein. Ein Reflexionssensor umfasst insbesondere einen Sensorkopf mit Kunststoffhalbkugel sowie einen Infrarotsensor und -empfänger. Bei Benetzung der Halbkugel mit dem Medium kann sich der Brechungsindex bzw. das Reflexionsverhalten für den Reflexionssensor erfassbar ändern. Mit einem Trübungssensor kann eine Veränderung des Absorptionsverhaltens des strömenden Mediums erfasst werden. Ein Ultraschallsensor sendet insbesondere ein Ultraschallsignal aus und wertet das Ultraschallecho aus. Eine Veränderung des Echos aufgrund einer veränderten Laufzeit oder eines veränderten Reflexions- bzw. Dämpfungsverhaltens kann einen Medienwechsel anzeigen. Ein ähnlicher Sensor könnte auf dem TDR-Verfahren (engl.: Time Domain Reflectometry) beruhen, insbesondere im Mikrowellenspektrum. Ein Mikrofon als Medienwechselsensor könnte eine durch einen Medienwechsel verursachte Veränderung des Strömungsrausches in der Absaugleitung erfassen. Im Fall eines Vibrations- bzw. Schwingungssensor könnte ein, z. B. gabelförmiges, schwingungsfähiges Element, z.B. durch einen Piezokristall, zu Schwingungen angeregt werden, wobei eine Veränderung des Mediums, das das Element durchströmt, durch eine veränderte Resonanzfrequenz einen Medienwechsel anzeigen könnte. Außerdem kann ein Medienwechselsensor einen oder mehrere Drucksensoren umfassen.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Medienwechselsensor dazu ausgebildet, einen Druckluftanteil am Volumenstrom des Mediums in der

Absaugleitung zu erfassen und erfasst einen Medienwechsel insbesondere bei einem erfassten Druckluftanteil von mehr als 10%, vorzugsweise mehr als 20%, weiter vorzugsweise mehr als 30%, weiter vorzugsweise mehr als 40%, weiter vorzugsweise mehr als 50%. Bei übersteigen eines vorbestimmten Druckluftanteils am Volumenstrom des Mediums kann ein Medienwechselsensor ein Ausgangssignal erzeugen, das einen Medienwechsel repräsentiert bzw. anzeigt und insbesondere an die Steuereinheit übertragen.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Medienwechselsensor als ein erster Drucksensor zur Erfassung eines Drucks in der Absaugleitung ausgebildet, wobei stromaufwärts des Drucksensors in der Absaugleitung eine Düse vorgesehen ist, wobei der Kompressor (100) insbesondere mindestens einen zweiten Drucksensor (42, 43), vorzugsweise stromaufwärts der Düse (21), umfasst. Der zweite Drucksensor ist beispielsweise ein Sensor zur Erfassung eines Betriebsdrucks, z.B. innerhalb des Abscheidebehälters. Der erste und der zweite Drucksensor sind insbesondere mit der Steuereinheit verbunden. Die Steuereinheit kann dazu ausgebildet sein, eine Veränderung der Druckdifferenz zwischen den von dem ersten und dem zweiten Drucksensor erfassten Drücken zu bestimmen. Eine (zeitliche), insbesondere sprunghafte, Veränderung der Druckdifferenz aufgrund einer Änderung des Druckabfalls über die Düse kann einen Medienwechsel in der Absaugleitung anzeigen. Ein Medienwechselsensor mit Drucksensoren und einer Düse hat den Vorteil, dass die Umsetzung einfach und wartungsarm ist, insbesondere wenn ein zweiter Drucksensor in einem Kompressor oder einer Kompressoranlage ohnehin vorhanden ist.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung gibt das Ventil die Absaugleitung in einer Freigabestellung für das Medium frei und versperrt diese in einer Sperrstellung für das Medium, wobei das Ventil insbesondere als ein elektrisch ansteuerbares 2/2-Wegeventil, vorzugsweise als ein Magnetventil, ausgeführt ist. Das Ventil kann aber auch als ein Proportionalventil oder als ein 3/2-Wegeventil ausgeführt sein.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist das Ventil als ein, vorzugsweise stufenlos, steuerbares Proportionalventil ausgebildet, wobei insbesondere in einem Leerlaufbetrieb des Kompressors Zwischenstellungen des Proportionalventils zwischen einer Freigabestellung und einer Sperrstellung durch die Steuereinheit einstellbar sind. Bei der Verwendung eines Proportionalventils

ist die Absaugleitung vorzugsweise an eine Zuführstelle stromaufwärts eines Einlassventils des Kompressors angeschlossen. Ein Proportionalventil ist für eine Leerlaufsteuerung des Kompressors vorteilhaft, bei der ein Leerlaufdruckniveau durch ein Proportionalventil, vorzugsweise stufenlos, einstellbar ist. Mit einem Proportionalventil ist außerdem eine Leerlaufsteuerung des Kompressors umsetzbar, bei der der Leerlaufdruck bzw. der Flüssigkeitseinspritzvolumenstrom reduziert wird, insbesondere bis durch einen Temperatursensor ein Anstieg der Verdichtungsendtemperatur erfasst wird.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Steuereinheit dazu ausgebildet, das Ventil nach einem vorbestimmten Sperrzeitintervall aus der Sperrstellung in die Freigabestellung zu schalten, wobei das Sperrzeitintervall vorzugsweise basierend auf dem erzeugten Druckluftvolumenstrom des Kompressors bestimmt wird. Ein erzeugter Druckluftvolumenstrom (Liefermenge) könnte basierend auf einer Drehzahl des Kompressors oder des angesaugten Volumenstroms bestimmt werden. Bei einem Kompressor mit fester Drehzahl, könnte ein angesaugter Volumenstrom aus der Laufzeit unter Last bestimmt werden. Der Kompressor kann einen Drehzahlsensor zur Erfassung der Drehzahl des Kompressors und/oder einen Durchflusssensor zur Erfassung des angesaugten Volumenstroms aufweisen. Ein Sperrzeitintervall kann ein für die Steuereinheit hinterlegter (gespeicherter) fester oder variabel zu bestimmender, insbesondere durch die Steuereinheit zu berechnender, Wert für eine Zeitdauer sein. Durch ein geeignet gewähltes Sperrzeitintervall wird sichergestellt, dass nach einer Versperrung der Absaugleitung aufgrund eines erfassten Medienwechsels die inzwischen an der Absaugstelle akkumulierte Flüssigkeit abgesaugt werden kann.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Kompressor mindestens einen Drucksensor zur Erfassung eines Betriebsdrucks und/oder einen Durchflusssensor zur Erfassung des Flüssigkeitsvolumenstroms in der Absaugleitung auf, wobei die Steuereinheit insbesondere dazu ausgebildet ist, zumindest aufgrund eines erfassten Betriebsdrucks und/oder eines erfassten Flüssigkeitsvolumenstroms ein Sperrzeitintervall und/oder ein Absaugzeitintervall zu bestimmen. Eine Bestimmung bzw. Berechnung eines Sperrzeitintervalls kann auf erfassten Systemparametern des Kompressors basieren, beispielsweise auf dem Betriebsdruck, dem Volumenstrom der Absaugleitung, einer Liefermenge des Kompressors, einem Sollwert für einen Drainagewert (sog. „innere Drainage“)

und/oder im maximalen Volumen im Feinabscheider, insbesondere auf der „trockenen Seite“ des Feinabscheiders. Unter der „inneren Drainage“ kann ein Flüssigkeitsvolumenstrom pro Druckluftvolumenstrom (Flüssigkeitsmenge pro Liefermenge), die in dem Feinabscheider, insbesondere auf der „trockenen Seite“ des Feinabscheiders, anfällt, verstanden werden. Als ein Parameter kann ein in der Steuereinheit gespeicherter Wert, eine Funktion, ein Kennfeld oder ein Messwert verstanden werden. Bei Kompressoren mit variabler Drehzahl kann das Sperrzeitintervall basierend auf einem vorgegebenen oder erzeugten Druckluftvolumenstrom (d.h. einem erzeugten Liefermengenprofil) angepasst werden. Auf diese Weise kann das innerhalb dieses Sperrzeitintervall an der Absaugstelle angesammelte Öl zuverlässig abgesaugt werden, insbesondere um ein zulässiges Maximalvolumen der an der Absaugstelle angesammelten abgeschiedenen Flüssigkeit nicht zu überschreiten. Sobald der Medienwechselsensor einen Medienwechsel erfasst, kann die Absaugleitung wieder versperrt werden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Steuereinheit dazu ausgebildet, ein Freigabezeitintervall für die Absaugleitung, vorzugsweise ab einem Schaltzeitpunkt des Ventils aus der Sperrstellung in die Freigabestellung, zu erfassen und insbesondere mit einem vorbestimmten Absaugzeitintervall zu vergleichen, um vorzugsweise ein Warn- oder Störsignal zu erzeugen, wenn das Freigabezeitintervall das Absaugzeitintervall unterschreitet oder überschreitet. Dabei kann zusätzlich zum Absaugzeitintervall ein vorbestimmtes Pufferzeitintervall berücksichtigt werden. Die Steuereinheit umfasst insbesondere eine Zeiterfassungseinheit zur Erfassung des Freigabezeitintervalls, das als die tatsächliche Freigabedauer der Absaugleitung verstanden werden kann. Ein Absaugzeitintervall kann als eine Zeitdauer verstanden werden, die bei einem störungsfreien Betrieb der Absaugleitung erforderlich wäre, um eine kumulierte Flüssigkeitsmenge abzusaugen. Das Absaugzeitintervall kann aus zuvor genannten Betriebsparametern des Kompressors ermittelt bzw. berechnet werden. Ein Warnsignal kann optisch (Warnlampe bzw. LED) oder akustisch (Warnton) erzeugt werden oder eine von der Steuereinheit ausgegebene Fehlermeldung oder ein Wartungshinweis sein. Ein Warn- bzw. Störsignal wird insbesondere im Fall einer Verstopfung der Absaugleitung oder bei einer Fehlfunktion des Medienwechselsensors erzeugt. Dadurch kann der zuverlässige Betrieb des Kompressors überwacht bzw. wiederhergestellt werden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Steuereinheit dazu ausgebildet, einen Drainagewert zu bestimmen, insbesondere zumindest basierend auf dem erfassten Freigabezeitintervall für die Absaugleitung und einem erfassten Flüssigkeitsvolumenstrom in der Absaugleitung, und mit einem vorbestimmten Drainagegrenzwert zu vergleichen, um vorzugsweise ein Warn- oder Störsignal zu erzeugen, wenn der Drainagewert den vorbestimmten Drainagegrenzwert unterschreitet oder übersteigt. Weitere Betriebsparameter des Kompressors können bei der Bestimmung des Drainagewerts und/oder des Drainagegrenzwerts berücksichtigt werden. Unter einem Drainagewert (auch sog. „innere Drainage“) kann ein Flüssigkeitsvolumenstrom pro Druckluftvolumenstrom, der in dem Feinabscheider, insbesondere auf der „trockenen Seite“ des Feinabscheiders, anfällt, verstanden werden, d.h. insbesondere der Anteil der abzuschheidenden Flüssigkeit an dem Druckluftvolumen. Durch ein solches Warn- bzw. Störsignal kann der zuverlässige Betrieb des Kompressors überwacht bzw. wiederhergestellt werden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Feinabscheider im Abscheidebehälter des Flüssigkeitsabscheiders angeordnet ist, wobei der Feinabscheider vorzugsweise mindestens ein Filter zur Feinabscheidung von Flüssigkeit aus der erzeugten Druckluft aufweist, wobei die Absaugstelle insbesondere stromabwärts des Filters vorgesehen ist. Alternativ kann der Feinabscheider aber auch außerhalb des Abscheidebehälter des Flüssigkeitsabscheiders angeordnet sein, beispielsweise als eine außenliegende Abscheidepatrone. Vorzugsweise ist der Flüssigkeitsabscheider zweistufig aufgebaut, wobei in einer ersten Stufe eine Vorabscheidung, vorzugsweise durch die Schwerkraft, und in der zweiten Stufe eine Feinabscheidung, vorzugsweise durch Filterung, stattfindet. Insbesondere kann stromaufwärts des Filters in dem Feinabscheider abgeschiedene Flüssigkeit in den Abscheidebehälter zurückströmen, insbesondere abtropfen.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Absaugleitung an eine Zuführstelle stromaufwärts eines Einlassventils des Kompressors, insbesondere eines Einlassventiltellers, angeschlossen. Auf diese Weise kann die Absaugleitung zusätzlich oder alternativ zur Absaugfunktion für eine Leerlaufsteuerung und/oder eine Entlüftungssteuerung des Kompressors genutzt werden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Absaugleitung an eine Zuführstelle eines flüssigkeitsgeschmierten Dichtungssystems, vorzugsweise einer Gleitringdichtung, des Verdichterblocks angeschlossen ist, wobei vorzugsweise eine von der Rückführleitung zur Absaugleitung abzweigende Dichtungsversorgungsleitung vorgesehen ist, wobei die Dichtungsversorgungsleitung insbesondere an das Ventil angeschlossen ist, das vorzugsweise als 3/2-Wegeventil ausgebildet ist, wobei die Absaugleitung und/oder die Dichtungsversorgungsleitung insbesondere je mindestens eine Düse aufweisen. Alternativ zu separaten, kann eine gemeinsame Düse für die Absaugleitung und die Dichtungsversorgungsleitung vorgesehen sein. Eine Düse kann auch in Form einer Düsenbohrung, insbesondere in ein Bauteil des Kompressors integriert, vorgesehen sein, wobei die Düsenbohrung insbesondere querschnittsbestimmend ist. Der Medienwechselsensor kann stromabwärts oder stromaufwärts des Ventils angeordnet sein. Die Gleitringdichtung ist insbesondere auf der Antriebsseite des Verdichterblocks, vorzugsweise in einer Durchgangsöffnung für die Antriebs- bzw. Rotorwelle eines Verdichterelements, insbesondere Schraubenrotors, im Gehäuse des Verdichterblocks vorgesehen. Indem eine Dichtungsversorgungsleitung als eine separate Leitung mit einem entsprechenden Anschluss am Verdichterblock zur Versorgung der Gleitringdichtung mit Schmierflüssigkeit, vorzugsweise Öl, vorgesehen ist, können Versorgungsbohrungen im Gehäuse entfallen. Dadurch wird eine sehr genaue Dosierung und Anpassung der Menge der zur Schmierung zugeführten Flüssigkeit für die Gleitringdichtung möglich. Außerdem kann die Menge der zugeführten Flüssigkeit reduziert werden, was sich positiv auf die Effizienz des Kompressors auswirken kann.

Die genannte Aufgabe wird außerdem gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 14.

Insbesondere wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Steuerung eines Kompressors, insbesondere Schraubenkompressors, insbesondere gemäß einem erfindungsgemäßen Kompressor, mit einem Verdichterblock mit Flüssigkeitseinspritzung, einem über eine Druckleitung mit dem Verdichterblock verbundenen Flüssigkeitsabscheider mit einem Abscheidebehälter und einem Feinabscheider, und einer Rückführleitung zur Rückführung von abgeschiedener Flüssigkeit aus dem Abscheidebehälter in den Verdichterblock, umfassend die folgenden Schritte:

- Absaugen von Flüssigkeit von mindestens einer Absaugstelle des Feinabscheiders in den Verdichterblock durch eine von einem steuerbaren Ventil freigegebene Absaugleitung;
- Erfassen eines Medienwechsels des in einer Absaugleitung strömenden Mediums, insbesondere von abgesaugter Flüssigkeit zu Druckluft, durch einen Medienwechselsensor;
- Versperren einer Absaugleitung durch Ansteuern eines steuerbaren Ventils durch eine Steuereinheit aufgrund des erfassten Medienwechsels.

Insbesondere umfasst das Verfahren einen Schritt des Freigebens der Absaugleitung durch Ansteuern des Ventils durch die Steuereinheit nach Ablauf eines vorbestimmten Sperrzeitintervalls. Das Sperrzeitintervall kann von einer Recheneinheit der Steuereinheit basierend auf erfassten und/oder hinterlegten Betriebsparametern des Kompressors berechnet und gespeichert werden. Alternativ kann ein fest vorbestimmter Wert für ein Sperrzeitintervall ausgelesen werden. Durch das Freigeben der Absaugleitung wird die innerhalb des Sperrzeitintervalls in dem Feinabscheider akkumulierte Flüssigkeit gemäß dem erstgenannten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens abgesaugt. Während des Betriebs des Kompressors wird das Verfahren zyklisch wiederholt, wobei die Steuereinheit vorsehen kann, dass für einen bestimmten Betriebszustand des Kompressors von dem Verfahren abgewichen bzw. das Verfahren ausgesetzt wird, insbesondere in dem die Steuereinheit unabhängig vom Ausgangssignal des Medienwechselsensors Steuerbefehle an das Ventil ausgibt, insbesondere während einer Leerlaufsteuerung oder eine Entlüftungssteuerung. Das erfindungsgemäße Verfahren hat ähnliche Vorteile, wie sie bereits in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Kompressor beschrieben wurden. Das Verfahren kann von dem erfindungsgemäßen Kompressor durchgeführt werden. Das Verfahren kann weiterhin einige oder alle verfahrenstechnischen Merkmale umsetzen, die im Zusammenhang mit dem Kompressor beschrieben wurden. Durch das Verfahren kann ein Kompressor zuverlässiger und effizienter betrieben werden.

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung eines Kompressors, insbesondere Schraubenkompressors, insbesondere eines erfindungsgemäßen Kompressors, mit einem Verdichterblock mit Flüssigkeitseinspritzung, einem über eine Druckleitung mit dem Verdichterblock

verbundenen Flüssigkeitsabscheider mit einem Abscheidebehälter und einem Feinabscheider, und einer Rückführleitung zur Rückführung von abgeschiedener Flüssigkeit aus dem Abscheidebehälter in den Verdichterblock, umfasst eine Leerlaufsteuerung des Kompressors, wobei der folgende Schritt vorgesehen ist: Freigeben einer Absaugleitung zwischen einer Absaugstelle des Feinabscheiders und einer Zuführstelle des Verdichterblocks durch Ansteuern eines in der Absaugleitung angeordneten steuerbaren Ventil, insbesondere falls der Kompressor einen vorbestimmten Betriebszustand, insbesondere eine vorbestimmte Temperatur, vorzugsweise zumindest einen vorbestimmten Anteil einer vorbestimmten Flüssigkeitseinspritztemperatur oder einer vorbestimmten Verdichtungsendtemperatur, erreicht hat.

Bei dieser Leerlaufsteuerung ist die Absaugleitung vorzugsweise an eine Zuführstelle stromaufwärts eines Einlassventils des Kompressors, insbesondere eines Einlassventiltellers, angeschlossen. Insbesondere sieht das Verfahren weiterhin das Erfassen eines Betriebszustands, insbesondere einer Betriebstemperatur, des Kompressors durch einen Temperatursensor, und vorzugsweise einen Vergleich mit einer Solltemperatur, vor. Eine Betriebstemperatur kann z.B. eine Verdichtungsendtemperatur des verdichteten Flüssigkeit-Druckluft-Gemischs oder eine Flüssigkeitstemperatur (Öltemperatur) der einzuspritzenden Flüssigkeit (Öl) sein, oder ein prozentualer Anteil, z. B. 70%, 80% oder 90%, einer zu erreichenden Solltemperatur. Die Leerlaufsteuerung hat den Vorteil, dass ein weiteres, insbesondere niedrigeres, Leerlaufdruckniveau für einen Leerlaufbetrieb des Kompressors erreichbar ist. Durch Freigeben der Absaugleitung während des Leerlaufbetriebs wird eine Querschnittsvergrößerung zur Förderung des Leerlaufvolumenstroms erzielt. Infolgedessen sinkt der Leerlaufdruck des Kompressors ab. Insbesondere stellt sich bei einem Kompressor, der (noch) nicht auf Betriebstemperatur läuft (hohe Viskosität der Flüssigkeit, höherer Differenzdruck im Flüssigkeitskreislauf), bei versperfter Absaugleitung ein höheres Leerlaufdruckniveau im Kompressor ein, während sich bei einem Kompressor, der auf Betriebstemperatur läuft (niedrige Viskosität der Flüssigkeit, niedrigerer Differenzdruck im Flüssigkeitskreislauf), sich durch Freigeben bzw. Öffnen der Absaugleitung ein niedrigeres Leerlaufdruckniveau einstellen kann. Dies kann zu einer reduzierten Leerlaufleistungsaufnahme (Verlustleistung) des Kompressors führen. Eine solche Leerlaufsteuerung kann auch mit einer Entlüftungssteuerung kombiniert werden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung dieses erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine Leerlaufsteuerung des Kompressors weiter mit folgendem Schritt vorgesehen: Versperren der Absaugleitung durch Ansteuern des Ventils, insbesondere falls der Kompressor einen vorbestimmten Betriebszustand nicht erreicht hat.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist weiterhin ein Ansteuern des als Proportionalventil ausgebildeten Ventils vorgesehen, um ein Leerlaufdruckniveau zwischen dem ersten und dem zweiten Leerlaufdruckniveau, vorzugsweise stufenlos, einzustellen. Die Durchflussmenge durch die Absaugleitung kann durch ein Proportionalventil (stufenlos) je nach Betriebsbedingungen eingestellt werden. Dadurch kann für einen bestimmten Leerlaufbetriebszustand des Kompressors die Effizienz weiter verbessert werden.

Unter einem Leerlaufbetrieb des Kompressors kann ein Betriebszustand verstanden werden, währenddessen der Antrieb (Antriebsmotor) den Verdichterblock weiter antreibt, aber keine Druckluft ins Netz gefördert wird. Um beim Leerlaufbetrieb möglichst wenig Energie zu verbrauchen kann das Einlassventil bis auf eine kleine Mindestöffnung geschlossen werden, um die zu verdichtende Luftmenge möglichst gering zu halten. Weiterhin kann ein Entlüftungsventil zwischen dem Flüssigkeitsabscheider, vorzugsweise dessen trockener Seite, und der Umgebung (Atmosphäre) hin geöffnet werden, um das Druckniveau auf ein, den sicheren Betrieb des Kompressors gewährleistendes, Druckniveau zu senken, das als Leerlaufdruckniveau bezeichnet werden kann. Beispielsweise liegt ein Leerlaufdruckniveau zwischen 1,0 bis 1,8 bar (Überdruck).

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung eines Kompressors (100), insbesondere Schraubenkompressors, insbesondere eines erfindungsgemäßen Kompressors, mit einem Verdichterblock (4) mit Flüssigkeitseinspritzung, einem über eine Druckleitung (52) mit dem Verdichterblock (4) verbundenen Flüssigkeitsabscheider (5) mit einem Abscheidebehälter (6) und einem Feinabscheider (7), und einer Rückführleitung (53) zur Rückführung von abgeschiedener Flüssigkeit aus dem Abscheidebehälter (6) in den Verdichterblock (4), umfasst eine Entlüftungssteuerung des Kompressors (100), wobei die folgenden Schritte vorgesehen sind:

- Freigeben der Absaugleitung durch Ansteuern des Ventils;
- Erfassen eines Betriebsdrucks des Kompressors durch einen Drucksensor;

- Versperren der Absaugleitung durch Ansteuern des Ventils, falls der erfasste Betriebsdruck unterhalb eines vorbestimmten Restbetriebsdrucks liegt.

Bei einer solchen Entlüftungssteuerung ist die Absaugleitung vorzugsweise an eine Zuführstelle stromaufwärts eines Einlassventils des Kompressors, insbesondere eines Einlassventiltellers, angeschlossen. Durch ein solches Verfahren ist eine Entlüftung des Kompressors mit zwei verschiedenen Entlüftungsgeschwindigkeiten erreichbar. Bei freigegebener Absaugleitung stellt sich eine höhere Entlüftungsgeschwindigkeit für eine schnelle Entlüftung ein. Bei versperonter Absaugleitung stellt sich eine niedrigere Entlüftungsgeschwindigkeit für eine langsamere Entlüftung ein. Auf diese Weise kann, bei Öl als Flüssigkeit, ein Aufschäumen des Öls durch Entspannung der im Öl befindlichen Luftbläschen verhindert bzw. verringert werden. Dadurch wird eine Benetzung der trockenen Seite des Feinabscheiders durch das Aufschäumen des Öls zumindest teilweise verhindert. Ein Restbetriebsdruck kann beispielsweise zwischen 0,5 bar und 10 bar, vorzugsweise zwischen 1 bar und 5 bar, weiter vorzugsweise zwischen 1 bar und 3 bar, besonders bevorzugt ungefähr 2,0 bar, gegenüber dem Umgebungsdruck betragen.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird das Freigeben der Absaugleitung durch Ansteuern des Ventils zur Absaugung der Flüssigkeit im Lastlauf nur dann durchgeführt, wenn der Kompressor mit Vollast läuft oder in einem Drehzahlbereich oberhalb einer vorbestimmten Mindestdrehzahl läuft. Eine Mindestdrehzahl beträgt beispielsweise zwischen 70 % und 100 %, vorzugsweise zwischen 80 % und 100 %, weiter vorzugsweise zwischen 90 % und 100 % einer Maximaldrehzahl des Kompressors. Bei einem Anschluss der Absaugleitung an eine Zuführstelle stromaufwärts eines Einlassventils des Kompressors, insbesondere im Ansaugbereich des Verdichterblocks, kann die aus dem Feinabscheider abgesaugte Flüssigkeit im Ansaugbereich verwirbelt und zerstäubt werden. Dadurch kann der Ansaugbereich und/oder der Luftfilter benetzt werden. Ein Absaugen der Flüssigkeit nur unter Vollast oder, bei einem Kompressor mit variabler Drehzahl, in einem ausreichend hohen Drehzahlbereich, stellt sicher, dass die angesaugte Luft die abgesaugte Flüssigkeit oder einen Flüssigkeitsnebel in den Verdichterblock mitreißt, um auf diese Weise eine Benetzung des Ansaugbereichs zu verhindern.

In einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind weiter folgende Schritte vorgesehen:

- Erfassen von mindestens zwei Betriebsdrücken des Kompressors durch einen Drucksensor während sich der Kompressor im Lastlauf befindet, insbesondere unter Teillast läuft;
- Vergleichen der erfassten Betriebsdrücke mit einem vorbestimmten Solldruck;
- Freigeben der Absaugleitung durch Ansteuern des Ventils, zum Absaugen der Flüssigkeit, falls die erfassten Betriebsdrücke innerhalb eines vorbestimmten Druckbereichs unterhalb eines vorbestimmten Sollbetriebsdrucks liegen und der später erfasste Betriebsdruck höher ist als der früher erfasste Betriebsdruck.

Auf diese Weise wird sichergestellt, dass eine Absaugung möglichst unmittelbar vor einem Wechsel des Kompressors in den Leerlauf oder Stillstand erfolgt, damit beim Wechsel möglichst wenig Flüssigkeit an der Absaugstelle des Feinabscheiders vorhanden ist. Ein Wechsel des Kompressors in den Leerlauf oder Stillstand ist durch eine Auswertung des aktuellen Betriebsdrucks und des Druckgradienten prognostizierbar. Wenn der aktuelle Betriebsdruck im Lastlauf nur relativ knapp unterhalb des Sollbetriebsdrucks liegt und weiter ansteigt, ist zu erwarten, dass der Kompressor demnächst von Lastlauf in Leerlauf bzw. Stillstand wechselt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kompressors mit einer Absaugung zu einer Zuführstelle stromaufwärts des Einlassventils in einem Blockschaltbild;
- Figur 2 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kompressors wie in Figur 1, wobei der Medienwechselsensor als ein Drucksensor ausgebildet ist;
- Figur 3 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kompressors mit einer Absaugung zu einer

Zuführstelle stromabwärts des Einlassventils in einem Blockschaltbild;

Figur 4 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kompressors mit einer Absaugung zu einer Zuführstelle an einer Gleitringdichtung des Verdichterblocks in einem Blockschaltbild.

In der nachfolgenden Beschreibung der Erfindung werden für gleiche und gleich wirkende Elemente dieselben Bezugszeichen verwendet.

Figur 1 zeigt eine erste Ausführungsform eines Kompressors 100, der hier als ein öleingespritzter Schraubenverdichter ausgeführt ist, wobei die nachfolgende Beschreibung auch auf wassereingespritzte Schraubenverdichter übertragbar ist. Ein Antriebsmotor 3 treibt z. B. über eine Antriebswelle, einen Riementrieb oder ein Getriebe die in einem Gehäuse des Verdichterblocks 4 gelagerten Schraubenrotoren an (nicht dargestellt). Der Verdichterblock 4 saugt von einem Lufteinlass 31 über den Luftfilter 1 und die Saugleitung 51 Umgebungsluft durch das Einlassventil 2 an. Die angesagte Luft wird unter Einspritzung von Öl zur Schmierung und Kühlung im Verdichterblock 4 verdichtet. Das Einlassventil umfasst ein Rückschlagventil, ein 2/2-Wegeventil und eine parallel dazu geschaltete Drossel. Das im Verdichterblock 4 verdichtete Flüssigkeit-Druckluft-Gemisch wird über die Druckleitung 52 in den Flüssigkeitsabscheider 5 (Ölabscheider) gefördert. Hier wird der größte Teil des Öls durch die Schwerkraft, und ggf. durch Zentrifugalkräfte aufgrund eines rotierenden Flüssigkeit-Druckluft-Gemisches, aus dem Luftstrom in einer ersten Abscheidestufe abgeschieden und sammelt sich im unteren Bereich des Abscheidebehälters 6. Von dort wird das Öl durch den Druck im Abscheidebehälter 6 durch die Rückführleitung 53 über einen Flüssigkeitskühler 10 (Ölkühler) bzw. eine Bypassleitung 55 über ein Temperaturregelventil 8 zur Regelung der Flüssigkeitseinspritztemperatur bzw. -eintrittstemperatur (Öleinspritztemperatur), einen Flüssigkeitsfilter 9 (Ölfilter) und eine Flüssigkeitseinspritzleitung 54, die als ein Abschnitt der Rückführleitung 53 angesehen werden kann, zurück zum Verdichterblock 4 geführt und dort eingespritzt.

Die im Flüssigkeitsabscheider 5 gereinigte Druckluft gelangt über eine Auslassleitung 58, ein Mindestdruckrückschlagventil 11 und einen Luftkühler 12 zu einem Druckluftaustritt 32, wo die erzeugte Druckluft einem Druckluftnetzwerk

bzw. einem Verbraucher zur Verfügung gestellt wird. Der Netzdruck wird über einen Drucksensor 43 erfasst. Der Druck in dem Abscheidebehälter 6 wird durch den Drucksensor 42 erfasst. Außerdem ist ein Temperatursensor 41 zur Erfassung der Verdichtungsendtemperatur (Verdichteraustrittstemperatur) an der Druckleitung 52 vorgesehen. Von der Auslassleitung 58 zweigen eine Steuerleitung 59a und eine Entlüftungsleitung 59b zu einem kombinierten Steuer-/Entlüftungsventil ab. In der Entlüftungsleitung 59b ist ein Schalldämpfer 16 angeordnet.

Der Flüssigkeitsabscheider 5 ist zweistufig ausgebildet. In dem Abscheidebehälter 6 des Flüssigkeitsabscheiders 5 ist ein Feinabscheider 7 angeordnet, der ein oder mehrere Filter aufweist, beispielsweise in Form mindestens einer Ölabscheidepatrone. Die im Feinabscheider 7 abgeschiedene Flüssigkeit (Öl) sammelt sich an einer Absaugstelle 33 des Feinabscheiders 7. Zwischen der Absaugstelle und einer Zuführstelle 34 verläuft eine Absaugleitung 56, die auch als Drainageleitung bezeichnet werden könnte, um im Feinabscheider abgeschiedene Flüssigkeit wieder dem Verdichterblock 4 zuzuführen. In der Absaugleitung 56 sind ein Medienwechselsensor 18, ein steuerbares Ventil 19 und ein Schalldämpfer 20 angeordnet. Die Absaugleitung 56 mündet stromaufwärts des Einlassventils 2, insbesondere stromaufwärts eines Einlassventiltellers, an einer Zuführstelle 34 in die Saugleitung 51 ein. Vorzugsweise ist der Medienwechselsensor 18 stromaufwärts des Ventils 19 angeordnet. Das Ventil 19 ist als ein 2/2-Wegeventil, hier als elektrisch ansteuerbares Magnetventil ausgeführt, das die Durchflussmenge in der Absaugleitung 56 insofern regelt, als es in einer Freigabestellung die Absaugleitung 56 (vollständig) freigibt bzw. öffnet und in einer Sperrstellung die Absaugleitung 56 (vollständig) versperert bzw. verschließt. In Figur 1 ist das Ventil 19 in der Sperrstellung dargestellt, in der das 2/2-Wegeventils bestromt ist. Das Ventil 19 ist über die Steuereinheit 60 steuerbar bzw. schaltbar. Der Medienwechselsensor 18 kann auf verschiedenen physikalischen Messprinzipien beruhen und sowohl als ein berührungslos messender Sensor ausgeführt sein oder in der Absaugleitung 56 im Kontakt mit dem strömenden Medium angeordnet sein.

In einer Ausführungsform nach Figur 2 ist der Medienwechselsensor 18 als ein Drucksensor ausgeführt. Stromaufwärts des Drucksensors 18 ist eine Düse 21 vorgesehen. Mithilfe eines zweiten Drucksensors stromaufwärts des Düse 21, z.B. Drucksensor 42 zur Erfassung des Betriebsdrucks, kann von der Steuereinheit 60

eine sich bei einem Medienwechsel verändernde Druckdifferenz über die Düse 21 erfasst werden, die einen Medienwechsel anzeigt. In Figur 2 ist das Ventil 19 in der Freigabestellung dargestellt, so dass Flüssigkeit durch die Absaugleitung 56 abgesaugt werden kann. Ein Betriebsdruck des Kompressors 100 beträgt beispielsweise zwischen 3 und 15 bar (Überdruck gegenüber der Umgebung), kann aber auch höher sein.

Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel für ein Verfahren zur Steuerung des Kompressors 100 gemäß Figur 1 beschrieben. In einer Freigabestellung des Ventils 19 kann Flüssigkeit (Öl), die sich an der Absaugstelle 33 im Feinfilter 7 ansammelt die Absaugleitung 56 zur Zuführstelle 34 abgesaugt werden. Wenn die Flüssigkeit (nahezu) vollständig abgesaugt ist, kann aufgrund des Druckgefälles zwischen dem Abscheidebehälter 6 und der Zuführstelle 34 Druckluft, oder ein Flüssigkeit-Druckluft-Gemisch, in die Absaugleitung 56 einströmen. Im Fall einer Rückströmung von Druckluft zum Verdichterblock 4 würde die Effizienz des Kompressors 100 negativ beeinträchtigt werden. Wenn der Medienwechselsensor 18 einen Wechsel des in der Absaugleitung 56 strömenden Mediums von Flüssigkeit (Öl) zu Druckluft oder einem Flüssigkeit-Druckluft-Gemisch mit einem relativ hohen Druckluftanteil erfasst, erzeugt der Medienwechselsensor 18 ein entsprechendes Ausgangssignal, das über eine Verbindungsleitung 61 an die Steuereinheit 60 übertragen wird. Die Steuereinheit 60 kann basierend auf diesem Ausgangssignal das Ventil 19 über eine Verbindungsleitung 61 ansteuern, um es aus einer Freigabestellung in eine Sperrstellung zu schalten. Dadurch wird die Absaugleitung 56 für das strömende Medium versperrt und eine Strömung zum Verdichterblock 4 wird zuverlässig verhindert. Nach einem vorbestimmten Sperrzeitintervall wird das Ventil 19 von einer Sperrstellung wieder in eine Freigabestellung geschaltet, um eine Absaugung zuzulassen. Das Sperrzeitintervall kann eine fest vorbestimmte Zeitdauer oder eine basierend auf einem oder mehreren erfassten oder gespeicherten Parametern in der Steuereinheit 60 variabel berechnete Zeitdauer sein. Wenn ein von der Steuereinheit 60 erfasstes Freigabezeitintervall ein vorbestimmtes Absaugzeitintervall überschreitet, z.B. im Fall einer Verstopfung der Absaugleitung 56 oder einer Fehlfunktion des Medienwechselsensors 18, kann die Steuereinheit 60 ein Warn- oder Störsignal ausgeben. Ein Absaugzeitintervall entspricht einer theoretisch erforderlichen Zeitdauer für eine Absaugung der an der Absaugstelle 33 angesammelten Flüssigkeit bei ordnungsgemäß funktionierender Absaugleitung 56.

Zusätzlich oder alternativ zur Funktion der Absaugung kann die Absaugleitung 56 im Leerlauf des Kompressors 100 als eine zusätzliche Leitung zur Förderung (Zirkulation) von Druckluft genutzt werden, wobei sich der Leitungsquerschnitt insgesamt vergrößert und das Leerlaufdruckniveau dadurch absenkbar ist. Dafür kann die Steuereinheit 60 das Ventil 19 im Leerlaufbetrieb in eine Freigabestellung schalten, insbesondere unabhängig vom Ausgangssignal des Medienwechselsensors 18. Eine Rückströmung von Druckluft durch die Absaugleitung 56 ist im Leerlauf erwünscht. In einer Ausführungsform in der das Ventil 19 als ein Proportionalventil ausgeführt ist, kann die Durchflussmenge durch die Absaugleitung 56 durch entsprechende Zwischenstellungen des Ventils stufenlos geregelt werden, sodass ein auf den Betriebszustand des Kompressors 100 abgestimmtes Leerlaufdruckniveau einstellbar ist. Ein solches Leerlaufdruckniveau liegt zwischen einem niedrigen Leerlaufdruckniveau, das sich bei freigegebener Absaugleitung 56 einstellt und einem höheren Leerlaufdruckniveau, das sich bei einer versperrten Absaugleitung 56 einstellt. Insbesondere wenn der Kompressor 100 auf der vorgesehenen Soll-Betriebstemperatur läuft, ist durch eine entsprechende Leerlaufsteuerung eine Verbesserung der Effizienz im Form einer reduzierten Verlustleistung im Leerlauf erreichbar.

Alternativ oder zusätzlich zur Funktion der Absaugung und zur Leerlaufsteuerung kann die Absaugleitung 56 zur Entlüftung des Kompressors 100 genutzt werden, wobei bei einer Freischaltung der Absaugleitung 56 durch das Ventil 19 eine schnellere Entlüftung erreicht wird. Sobald ein bestimmter Restbetriebsdruck von z.B. 2,0 bar erreicht wird, kann die Absaugleitung 56 gesperrt werden, um die Entlüftungsgeschwindigkeit zu reduzieren und ein Aufschäumen des Öls zu verhindern.

Bei einem Kompressor mit einer Zuführstelle 34 stromaufwärts des Einlassventils ist es vorteilhaft, wenn ein Absaugen nur bei Volllast bzw. hoher Drehzahl des Kompressors 100 zugelassen wird, um eine Benetzung des Luftfilters 1 und/oder des Ansaugbereichs des Verdichterblocks durch die abgesaugte Flüssigkeit zu verhindern.

Figur 3 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kompressors 100, bei dem die Absaugleitung 56 an einer Zuführstelle 34 stromabwärts des

Einlassventils 2 in den Verdichterblock 4 einmündet. Bis auf die im Zusammenhang mit der Ausführungsform gemäß Figur 1 beschriebenen Leerlaufsteuerung und Entlüftungssteuerung ist die Funktionsweise des Kompressors 100 gleich. Es ist kein Schalldämpfer in der Absaugleitung vorgesehen. Insbesondere kann das Problem einer Benetzung des Luftfilters oder des Ansaugbereichs des Verdichterblocks 4 bei dieser Ausführungsform konstruktionsbedingt nicht auftreten.

Figur 4 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kompressors 100, bei der die Absaugleitung 56 an eine Zuführstelle 34 einer Gleitringdichtung des Verdichterblocks 4 angeschlossen ist. Die Rückführleitung 53 bzw. der Abschnitt der Flüssigkeitseinspritzleitung 54 führt den Großteil der aus dem Flüssigkeitsabscheider 5 rückgeführten Flüssigkeit zur Einspritzung in den Verdichterblock 4 zurück, ähnlich wie in den Figuren 1, 2 und 3. Von der Rückführleitung 53 zweigt eine Dichtungsversorgungsleitung 57 zur Absaugleitung 56 ab, wobei der Flüssigkeitsvolumenstrom in der Dichtungsversorgungsleitung 57, insbesondere durch eine geeignete Wahl der Leitungsquerschnitte bzw. einer Düse, (deutlich) geringer ist als der Flüssigkeitsvolumenstrom in der Flüssigkeitseinspritzleitung 54. Die Dichtungsversorgungsleitung 57 ist an das steuerbare Ventil 19 angeschlossen, das als ein 3/2-Wegeventil ausgeführt ist. Die Absaugleitung 56 umfasst einen Absaugabschnitt 56a und einen Zuführabschnitt 56b zur Zuführung von Flüssigkeit zu einer Gleitringdichtung des Verdichterblocks 4. Die mit Flüssigkeit (Öl) zu versorgende Gleitringdichtung (nicht dargestellt) ist vorzugsweise auf der Antriebsseite des Verdichterblocks in einer Durchgangsöffnung für die Antriebs- bzw. Rotorwelle eines Schraubenrotors im Gehäuse des Verdichterblocks vorgesehen. In dem Absaugabschnitt 56a und der Dichtungsversorgungsleitung 57 ist jeweils eine Düse 21 zur Anpassung der Druckniveaus bzw. der Volumenströme in den Leitungen vorgesehen. In einer Grundschriftstellung des Ventils 19, d.h. im nicht geschalteten Zustand, wird Flüssigkeit aus der Dichtungsversorgungsleitung 57 über die Düse 21 auf die Gleitringdichtung geleitet. Im geschalteten Zustand des Ventils 19 wird Flüssigkeit aus dem Feinabscheider 7 über den Schmutzfänger 17 und eine Düse 21 auf die Gleitringdichtung geleitet, bis der Medienwechselsensor 18 einen Medienwechsel in der Absaugleitung 56 erfasst. Durch eine separate Dichtungsversorgungsleitung 57, insbesondere anstelle von im Gehäuse des Verdichterblocks 4 vorgesehenen Versorgungsbohrungen, wird eine sehr genaue Dosierung und Anpassung des zugeführten Flüssigkeitsstroms zur Versorgung der

Gleitringdichtung möglich. Außerdem kann die Menge der zugeführten Flüssigkeit reduziert werden. Die Effizienz des Kompressors 100 kann weiter verbessert werden.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass alle oben beschriebenen Aspekte der Erfindung für sich alleine gesehen und in jeder Kombination, insbesondere die in den Zeichnungen dargestellten Details, als wesentlich für die Erfindung beansprucht werden. Abänderungen hiervon sind dem Fachmann geläufig.

Bezugszeichenliste

- 1 Luftfilter
- 2 Einlassventil
- 3 Antriebsmotor
- 4 Verdichterblock
- 5 Flüssigkeitsabscheider, insbesondere Ölabscheider
- 6 Abscheidebehälter
- 7 Feinabscheider, insbesondere Ölabscheidepatrone
- 8 Temperaturregelventil
- 9 Flüssigkeitsfilter, insbesondere Ölfilter
- 10 Flüssigkeitskühler, insbesondere Ölkühler
- 11 Mindestdruckrückschlagventil
- 12 Luftkühler
- 13 kombiniertes Steuer-/Entlüftungsventil
- 14 Steuerventil
- 15 Entlüftungsventil
- 16 Schalldämpfer
- 17 Schmutzfänger
- 18 Medienwechselsensor
- 19 Ventil (steuerbar)
- 20 Schalldämpfer
- 21 Düse
- 31 Lufteinlass
- 32 Druckluftauslass
- 33 Absaugstelle
- 34 Zuführstelle
- 41 Temperatursensor

- 42 Drucksensor zur Erfassung des Betriebsdrucks
- 43 Drucksensor zur Erfassung des Netzdrucks
- 51 Saugleitung
- 52 Druckleitung
- 53 Rückführleitung
- 54 Flüssigkeitseinspritzleitung
- 55 Bypassleitung
- 56 Absaugleitung
- 56a Absaugabschnitt
- 56b Zuführabschnitt
- 57 Dichtungsversorgungsleitung
- 58 Auslassleitung
- 59a Steuerleitung
- 59b Entlüftungsleitung
- 60 Steuereinheit
- 61 Verbindungsleitung
- 100 Kompressor

Ansprüche

1. Kompressor (100), insbesondere Schraubenkompressor, zur Erzeugung von Druckluft, umfassend:
 - einen Verdichterblock (4) mit Flüssigkeitseinspritzung zur Verdichtung von angesaugter Luft,
 - einen Flüssigkeitsabscheider (5), der über eine Druckleitung (52) mit dem Verdichterblock (4) verbunden ist und einen Abscheidebehälter (6) und einen Feinabscheider (7) aufweist,
 - eine Rückführleitung (53) zur Rückführung von abgesetzter Flüssigkeit aus dem Abscheidebehälter (6) in den Verdichterblock (4),
 - eine Absaugleitung (56) zur Absaugung von Flüssigkeit von mindestens einer Absaugstelle (33) des Feinabscheiders (7) zu einer Zuführstelle (34), um die abgesaugte Flüssigkeit dem Verdichterblock (4) zuzuführen,
 - ein steuerbares Ventil (19) zur Regelung der Durchflussmenge durch die Absaugleitung (56),
 - eine Steuereinheit (60) zur Steuerung des Ventils (19), und
 - einen Medienwechselsensor (18) zur Erfassung eines Medienwechsels eines in der Absaugleitung (56) strömenden Mediums, insbesondere von

abgesaugter Flüssigkeit zu Druckluft, der mit der Steuereinheit (60) verbunden ist.

2. Kompressor (100) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Medienwechselsensor (18) zumindest teilweise in der Absaugleitung (56) angeordnet ist und/oder dazu ausgebildet ist, eine Veränderung eines physikalischen Parameters des in der Absaugleitung (56) strömenden Mediums berührungslos zu erfassen.
3. Kompressor (100) gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Medienwechselsensor (18) dazu ausgebildet ist, einen Druckluftanteil am Volumenstrom des Mediums in der Absaugleitung (56) zu erfassen und insbesondere bei einem erfassten Druckluftanteil von mehr als 10%, vorzugsweise mehr als 20%, weiter vorzugsweise mehr als 30%, weiter vorzugsweise mehr als 40%, weiter vorzugsweise mehr als 50%, einen Medienwechsel erfasst.
4. Kompressor (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Medienwechselsensor (18) als ein erster Drucksensor zur Erfassung eines Drucks in der Absaugleitung (56) ausgebildet ist, wobei stromaufwärts des Drucksensors (18) in der Absaugleitung (56) eine Düse (21) vorgesehen ist, wobei der Kompressor (100) insbesondere mindestens einen zweiten Drucksensor (42, 43), vorzugsweise stromaufwärts der Düse (21), umfasst.
5. Kompressor (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil (19) die Absaugleitung (56) in einer Freigabestellung für das Medium freigibt und in einer Sperrstellung für das Medium verspermt, wobei das Ventil (19) insbesondere als ein elektrisch ansteuerbares 2/2-Wegeventil, vorzugsweise als ein Magnetventil, ausgeführt ist.
6. Kompressor (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

das Ventil (19) als ein, vorzugsweise stufenlos, steuerbares Proportionalventil ausgebildet ist, wobei insbesondere in einem Leerlaufbetrieb des Kompressors (100) Zwischenstellungen des Proportionalventils (19) zwischen einer Freigabestellung und einer Sperrstellung durch die Steuereinheit (60) einstellbar sind, vorzugsweise um ein Leerlaufdruckniveau einzustellen.

7. Kompressor (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (60) dazu ausgebildet ist, das Ventil (19) nach einem vorbestimmten Sperrzeitintervall aus der Sperrstellung in die Freigabestellung zu schalten, wobei das Sperrzeitintervall vorzugsweise basierend auf dem erzeugten Druckluftvolumenstrom des Kompressors (100) bestimmt wird.
8. Kompressor (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kompressor (100) mindestens einen Drucksensor (42, 43) zur Erfassung eines Betriebsdrucks und/oder einen Durchflusssensor zur Erfassung des Flüssigkeitsvolumenstroms in der Absaugleitung (56) aufweist, wobei die Steuereinheit (60) insbesondere dazu ausgebildet ist, zumindest aufgrund eines erfassten Betriebsdrucks und/oder eines erfassten Flüssigkeitsvolumenstroms ein Sperrzeitintervall und/oder ein Absaugzeitintervall zu bestimmen.
9. Kompressor (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (60) dazu ausgebildet ist, ein Freigabezeitintervall für die Absaugleitung (56), vorzugsweise ab einem Schaltzeitpunkt des Ventils (19) aus der Sperrstellung in die Freigabestellung, zu erfassen und insbesondere mit einem vorbestimmten Absaugzeitintervall zu vergleichen, um vorzugsweise ein Warn- oder Störsignal zu erzeugen, wenn das Freigabezeitintervall das Absaugzeitintervall unterschreitet oder überschreitet.
10. Kompressor (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (60) dazu ausgebildet ist, einen Drainagewert zu bestimmen, insbesondere zumindest basierend auf dem erfassten Freigabezeitintervall für die Absaugleitung (56) und einem erfassten

Flüssigkeitsvolumenstrom in der Absaugleitung (56), und mit einem vorbestimmten Drainagegrenzwert zu vergleichen, um vorzugsweise ein Warn- oder Störsignal zu erzeugen, wenn der Drainagewert den vorbestimmten Drainagegrenzwert unterschreitet oder übersteigt.

11. Kompressor (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Feinabscheider (7) im Abscheidebehälter (6) des Flüssigkeitsabscheiders (5) angeordnet ist, wobei der Feinabscheider (7) vorzugsweise mindestens ein Filter zur Feinabscheidung von Flüssigkeit aus der erzeugten Druckluft aufweist, wobei die Absaugstelle (33) insbesondere stromabwärts des Filters vorgesehen ist.
12. Kompressor (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, insbesondere gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Absaugleitung (56) an eine Zuführstelle (34) stromaufwärts eines Einlassventils (2) des Kompressors (100), insbesondere eines Einlassventiltellers, angeschlossen ist.
13. Kompressor (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Absaugleitung (56, 56a, 56b) an eine Zuführstelle (34) eines flüssigkeitsgeschmierten Dichtungssystems des Verdichterblocks (4), vorzugsweise einer Gleitringdichtung, angeschlossen ist, wobei vorzugsweise eine von der Rückführleitung (53) zur Absaugleitung (56, 56a, 56b) abzweigende Dichtungsversorgungsleitung (57) vorgesehen ist, wobei die Dichtungsversorgungsleitung (57) insbesondere an das Ventil (19) angeschlossen ist, das vorzugsweise als 3/2-Wegeventil ausgebildet ist, wobei die Absaugleitung (56, 56a, 56b) und/oder die Dichtungsversorgungsleitung (57) insbesondere je mindestens eine Düse aufweisen.
14. Verfahren zur Steuerung eines Kompressors (100), insbesondere Schraubenkompressors, insbesondere gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, mit einem Verdichterblock (4) mit Flüssigkeitseinspritzung, einem über eine Druckleitung (52) mit dem Verdichterblock (4) verbundenen Flüssigkeitsabscheider (5) mit einem Abscheidebehälter (6) und einem

Feinabscheider (7), und einer Rückführleitung (53) zur Rückführung von abgeschiedener Flüssigkeit aus dem Abscheidebehälter (6) in den Verdichterblock (4),

umfassend die folgenden Schritte:

- Absaugen von Flüssigkeit von mindestens einer Absaugstelle (33) des Feinabscheiders (7) in den Verdichterblock (4) durch eine von einem steuerbaren Ventil (19) freigegebene Absaugleitung (56);
- Erfassen eines Medienwechsels des in einer Absaugleitung (56) strömenden Mediums, insbesondere von abgesaugter Flüssigkeit zu Druckluft, durch einen Medienwechselsensor (18);
- Versperren einer Absaugleitung (56) durch Ansteuern eines steuerbaren Ventils (19) durch eine Steuereinheit (60) aufgrund des erfassten Medienwechsels.

15. Verfahren zur Steuerung eines Kompressors (100), insbesondere Schraubenkompressors, insbesondere eines Kompressors (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, vorzugsweise nach Anspruch 12,

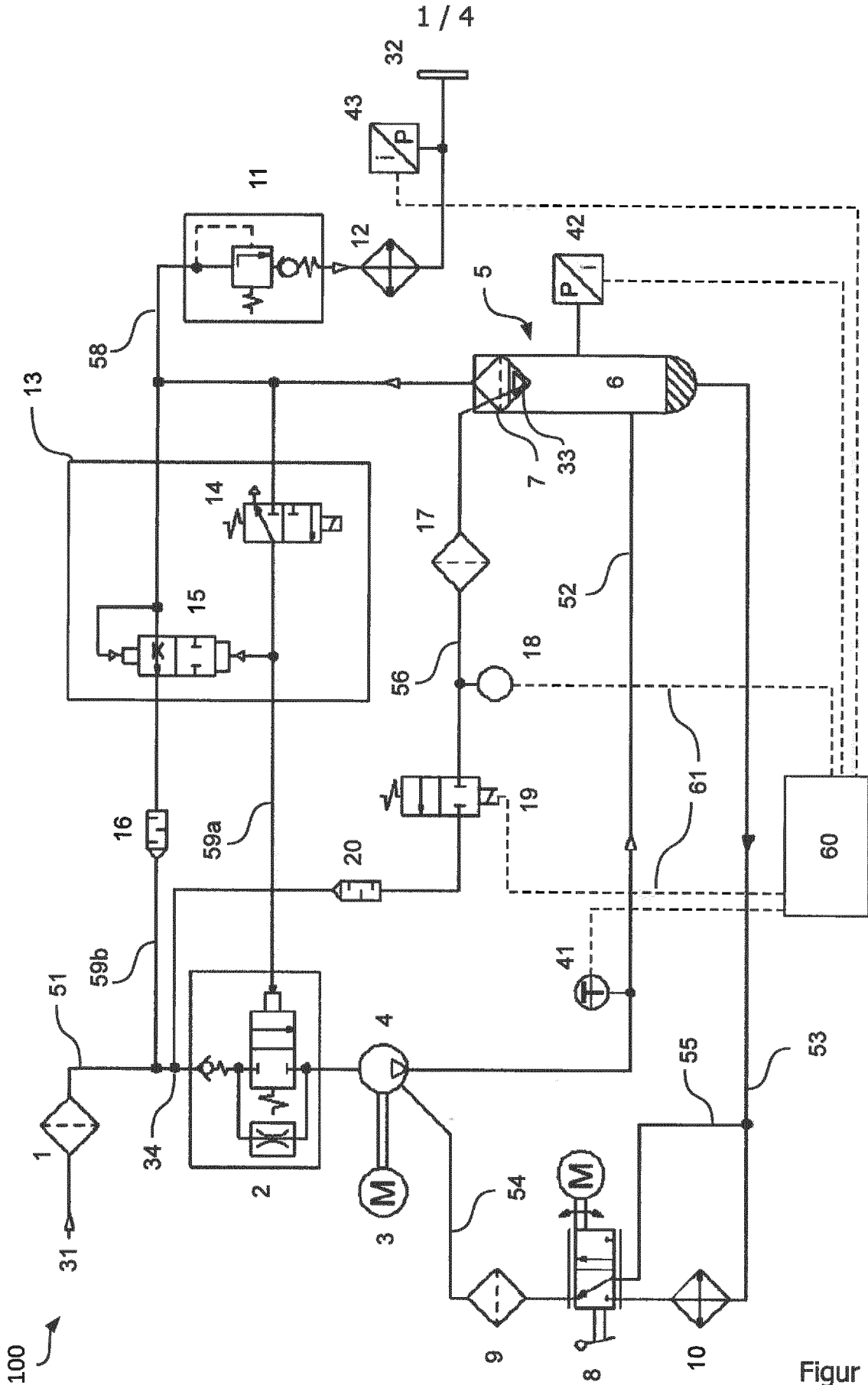
mit einem Verdichterblock (4) mit Flüssigkeitseinspritzung, einem über eine Druckleitung (52) mit dem Verdichterblock (4) verbundenen Flüssigkeitsabscheider (5) mit einem Abscheidebehälter (6) und einem Feinabscheider (7), und einer Rückführleitung (53) zur Rückführung von abgeschiedener Flüssigkeit aus dem Abscheidebehälter (6) in den Verdichterblock (4),

insbesondere Verfahren nach Anspruch 14, mit einer Leerlaufsteuerung des Kompressors (100),

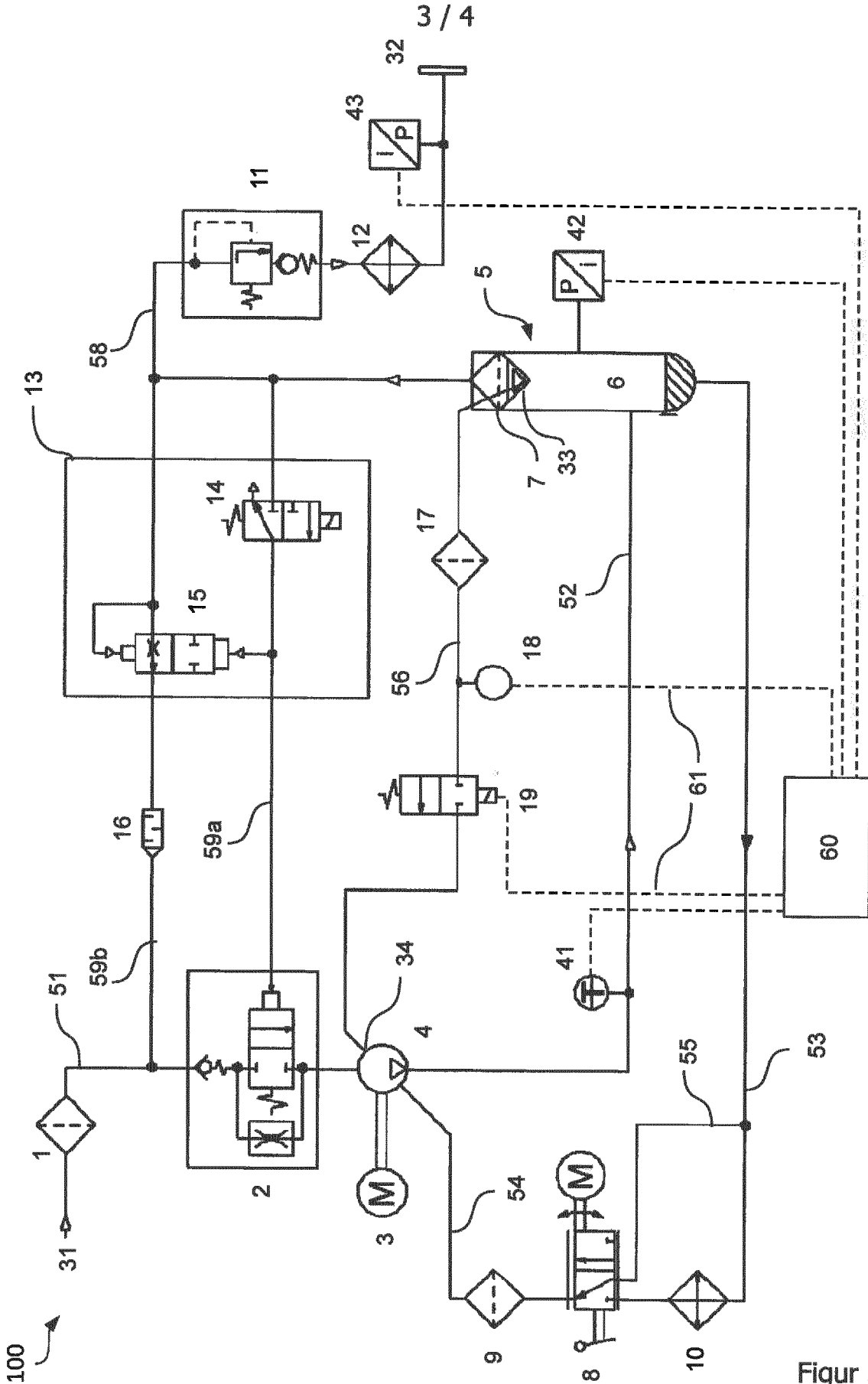
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h

Freigeben einer Absaugleitung (56) zwischen einer Absaugstelle (33) des Feinabscheiders (7) und einer Zuführstelle (34) des Verdichterblocks (4) durch Ansteuern eines in der Absaugleitung (56) angeordneten steuerbaren Ventils (19), insbesondere falls der Kompressor (100) einen vorbestimmten Betriebszustand, insbesondere eine vorbestimmte Temperatur, vorzugsweise zumindest einen vorbestimmten Anteil einer vorbestimmten Flüssigkeitseinspritztemperatur oder einer vorbestimmten Verdichtungsendtemperatur, erreicht hat.

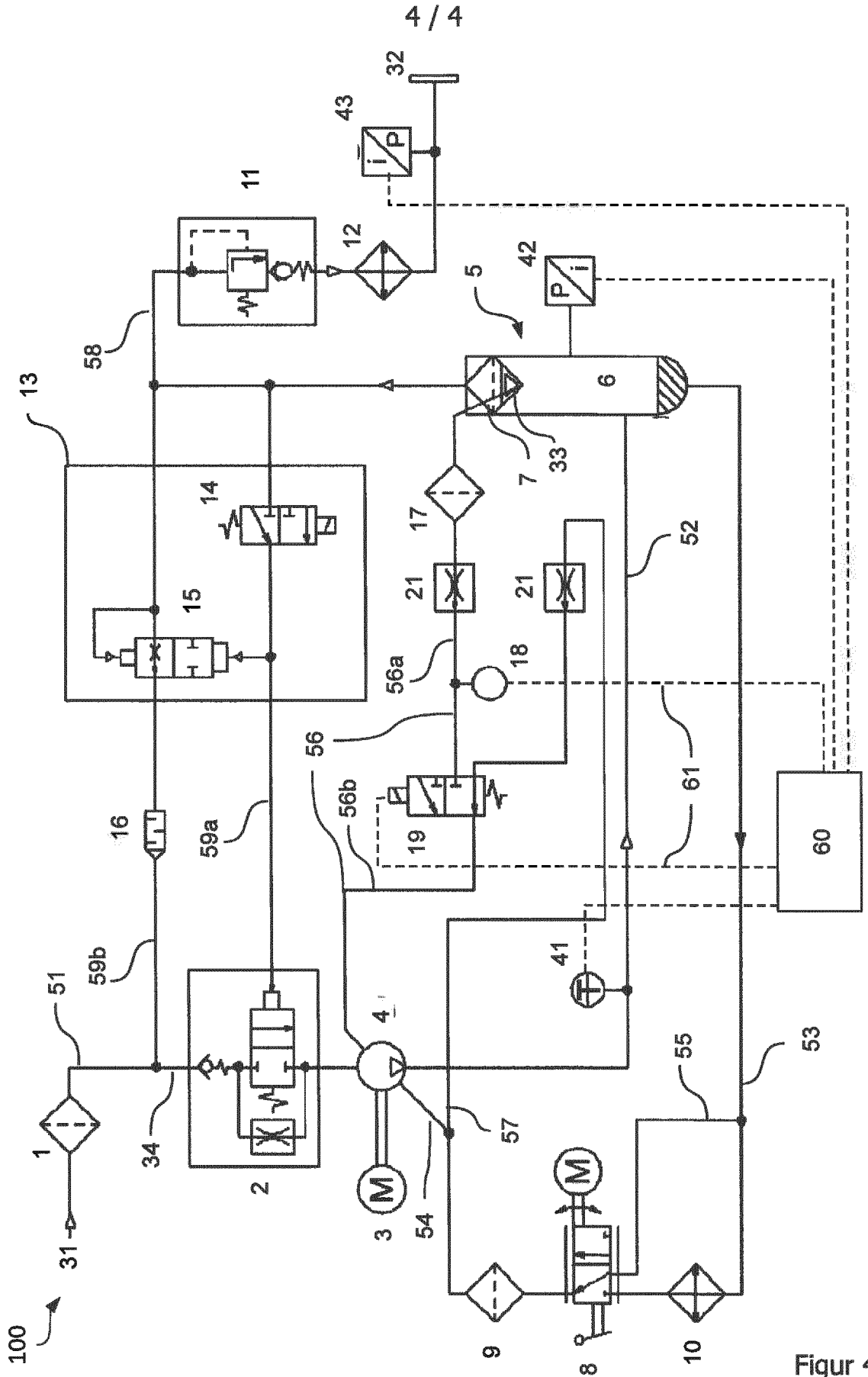
16. Verfahren zur Steuerung eines Kompressors (100) gemäß Anspruch 15, gekennzeichnet durch Versperren der Absaugleitung (56) durch Ansteuern des Ventils (19), insbesondere falls der Kompressor (100) einen vorbestimmten Betriebszustand nicht erreicht hat.
17. Verfahren zur Steuerung eines Kompressors (100), insbesondere Schraubenkompressors, insbesondere eines Kompressors (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, vorzugsweise nach Anspruch 12, mit einem Verdichterblock (4) mit Flüssigkeitseinspritzung, einem über eine Druckleitung (52) mit dem Verdichterblock (4) verbundenen Flüssigkeitsabscheider (5) mit einem Abscheidebehälter (6) und einem Feinabscheider (7), und einer Rückführleitung (53) zur Rückführung von abgeschiedener Flüssigkeit aus dem Abscheidebehälter (6) in den Verdichterblock (4), insbesondere Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, mit einer Entlüftungssteuerung des Kompressors (100), gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:
- Freigeben der Absaugleitung (56) durch Ansteuern des Ventils (19);
 - Erfassen eines Betriebsdrucks des Kompressors (100) durch einen Drucksensor (42, 43);
 - Versperren der Absaugleitung (56) durch Ansteuern des Ventils (19), falls der erfasste Betriebsdruck unterhalb eines vorbestimmten Restbetriebsdrucks liegt.
18. Verfahren zur Steuerung eines Kompressors (100) gemäß einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Freigeben der Absaugleitung (56) durch Ansteuern des Ventils (19) zur Absaugung der Flüssigkeit im Lastlauf nur dann durchgeführt wird, wenn der Kompressor mit Volllast läuft oder in einem Drehzahlbereich oberhalb einer vorbestimmten Mindestdrehzahl läuft.



Figur 1



Figur 3



Figur 4