

(19)



(11)

**EP 4 488 598 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**08.01.2025 Patentblatt 2025/02**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F25B 1/10 (2006.01) F25B 5/02 (2006.01)**  
**F25B 9/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **23184052.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F25B 9/008; F25B 1/10; F25B 5/02; F25B 49/02;**  
F25B 31/006; F25B 41/20; F25B 49/022;  
F25B 2309/061; F25B 2339/047; F25B 2400/0409;  
F25B 2400/0411; F25B 2400/072; F25B 2400/13;  
F25B 2600/0261; F25B 2600/2501; (Forts.)

(22) Anmeldetag: **07.07.2023**

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

(72) Erfinder:  
• **ZAHRT, Yannik**  
**35466 Rabenau (DE)**  
• **HAACK, Christian**  
**35037 Marburg (DE)**  
• **TEICHMANN, Johannes**  
**72351 Geislingen (DE)**

(71) Anmelder: **Weiss Technik GmbH**  
**35447 Reiskirchen (DE)**

(74) Vertreter: **advotec.**  
**Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft**  
**Tappe mbB**  
**Georg-Schlosser-Straße 6**  
**35390 Gießen (DE)**

### (54) PRÜFKAMMER UND VERFAHREN ZUR STEUERUNG

(57) Die Erfindung betrifft eine Prüfkammer sowie ein Verfahren zur Konditionierung von Luft in einem gegenüber einer Umgebung verschließbaren und temperaturisolierten Prüfraum der Prüfkammer, insbesondere Klimakammer, zur Aufnahme von Prüfgut, wobei mittels einer Kühleinrichtung (10) einer Temperiervorrichtung der Prüfkammer, mit einem Kühlkreislauf (11) mit Kohlenstoffdioxid als einem Kältemittel, einem Wärmeübertrager (12) in dem Prüfraum, einem Niederdruckverdichter (13) und einem in einer Strömungsrichtung des Kältemittels dem Niederdruckverdichter nachfolgenden Hoch-

druckverdichter (14), einem Gaskühler (15) und einem Expansionsventil (16) eine Temperatur in einem Temperaturbereich von -20°C bis +180°C innerhalb des Prüfraums ausgebildet wird, wobei die Temperatur und/oder eine relative Luftfeuchtigkeit in den Prüfraum mittels einer Steuervorrichtung der Prüfkammer gesteuert und/oder geregelt wird, wobei mittels eines Entfeuchterbypasses (20) des Kühlkreislaufs, mit einem zweiten Expansionsventil (21) und mit einem zweiten Wärmeübertrager (22) in dem Prüfraum Luft entfeuchtet wird.

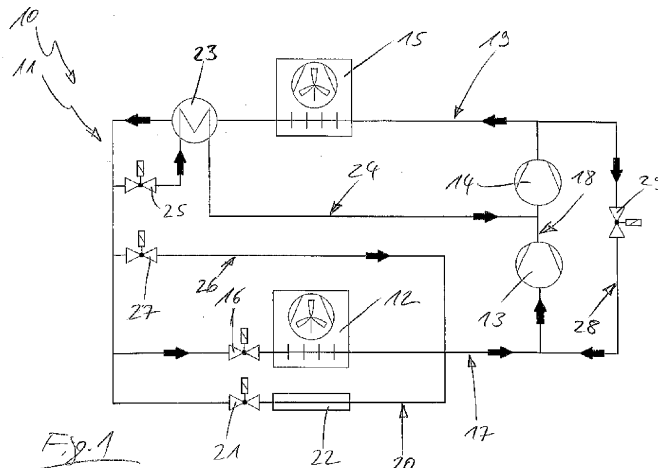


Fig. 1

**EP 4 488 598 A1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)  
F25B 2700/02; F25B 2700/2104

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Prüfkammer, insbesondere Klimakammer zur Konditionierung von Luft, sowie ein Verfahren zur Konditionierung von Luft in einem gegenüber einer Umgebung verschließbaren und temperaturgedämmten Prüfraum einer Prüfkammer, insbesondere Klimakammer, zur Aufnahme von Prüfgut, wobei mittels einer Kühleinrichtung einer Temperier-  
 5 vrichtung der Prüfkammer, mit einem Kühlkreislauf mit Kohlenstoffdioxid als einem Kältemittel, einem Wärmeüber-  
 10 trager im Prüfraum, einem Niederdruckverdichter und einem in einer Strömungsrichtung des Kältemittels dem Niederdruckverdichter nachfolgenden Hochdruck-  
 15 verdichter, einem Gaskühler und einem Expansionsventil eine Temperatur in einem Temperaturbereich von  $-20^{\circ}\text{C}$  bis  $+180^{\circ}\text{C}$  innerhalb des Prüfraums ausgebildet wird, wobei die Temperatur und/oder eine relative Luft-  
 20 feuchtigkeit in den Prüfraum mittels einer Steuervorrichtung der Prüfkammer gesteuert und/oder geregelt wird.

**[0002]** Derartige Prüfkammern werden regelmäßig zur Überprüfung von physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften von Gegenständen, insbesondere Vor-  
 25 richtungen eingesetzt. So sind Temperaturprüfschränke oder Klimaprüfschränke bekannt, innerhalb derer Temperaturen in einem Bereich von  $-70^{\circ}\text{C}$  bis  $+180^{\circ}\text{C}$  eingestellt werden können. Bei Klimaprüfschränken können ergänzend gewünschte Klimabedingungen eingestellt werden, denen dann die Vorrichtung bzw. das Prüfgut über einen definierten Zeitraum ausgesetzt wird. Eine  
 30 Temperierung eines das zu prüfende Prüfgut aufnehmendem Prüfraums erfolgt regelmäßig in einem Umluftkanal innerhalb des Prüfraums. Der Umluftkanal bildet einen Luftbehandlungsraum im Prüfraum aus, in dem Wärmetauscher zur Erwärmung oder Kühlung der den Umluftkanal bzw. den Prüfraum durchströmenden Luft  
 35 angeordnet sind. Dabei saugt ein Lüfter bzw. ein Ventilator die im Prüfraum befindliche Luft an und leitet sie im Umluftkanal zu den jeweiligen Wärmetauschern. Das Prüfgut kann so temperiert oder auch einem definierten Temperaturwechsel ausgesetzt werden. Während eines  
 40 Prüffinterwalls kann dann beispielsweise eine Temperatur zwischen einem Temperaturmaximum und einem Temperaturminimum der Prüfkammer wechseln. Eine derartige Prüfkammer ist beispielweise aus der EP 0 344 397 A2 bekannt.

**[0003]** Das in einem Kühlkreislauf eingesetzte Kältemittel sollte ein relativ geringes  $\text{CO}_2$ -Äquivalent aufweisen, das heißt ein relatives Treibhauspotenzial oder auch Global Warming Potential (GWP) sollte möglichst gering  
 45 sein, um eine indirekte Schädigung der Umwelt durch das Kältemittel bei Freisetzung zu vermeiden. Es ist daher auch bekannt Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) bzw. Kohlendioxid als Reinstoffkältemittel zu verwenden. Kohlenstoffdioxid ist kostengünstig erhältlich, nicht brennbar und durch einen GWP von 1 im Wesentlichen umweltneutral. Kohlenstoffdioxid weist eine Gefrier-  
 50 temperatur bzw. einen Tripelpunkt von  $-56,6^{\circ}\text{C}$  auf, was eine Erzie-

lung von niedrigeren Temperaturen mit Kohlenstoffdioxid alleine nicht ermöglicht.

**[0004]** Weiter sind Kühleinrichtungen bekannt, die als sogenannte Boosteranlage ausgeführt sind. In einem  
 5 Kühlkreislauf der Kühleinrichtungen ist stets ein Hochdruckverdichter einem Niederdruckverdichter in Reihe nachgeschaltet, so dass eine stufenweise Verdichtung des Kältemittels mit dem Niederdruckverdichter und  
 10 nachfolgend mit dem Hochdruckverdichter erfolgt. Aufgrund der hohen Anforderungen an eine Temperaturregelung innerhalb des Temperaturbereichs des Prüfraums kommt es während eines Betriebs der Prüfkammer regelmäßig zu Schwankungen in einer Lastanfor-  
 15 derung. Eine von den Verdichtern und dem Expansionsventil erzeugte Kälteleistung muss daher stufenlos regelbar sein. Gleichwohl ist es wünschenswert, dass die Verdichter, wenn es sich beispielsweise um Kompressoren handelt, nicht häufig eingeschaltet und ausgeschaltet werden, um eine Lebensdauer der Verdichter zu  
 20 verlängern.

**[0005]** Da Kohlenstoffdioxid als Kältemittel eine sehr hohe volumetrische Kälteleistung aufweist, wird selbst bei einem Einsatz von Verdichtern mit sehr wenig Hub-  
 25 volumenstrom eine sehr große Kälteleistung durch den Kühlkreislauf bereitgestellt. Darüber hinaus ist ein Druckbereich von Kühlkreisläufen mit Kohlenstoffdioxid als Kältemittel bei einem transkritischen Betrieb sehr hoch (bis 120 bar), weshalb die zur Ausbildung des Kühlkreis-  
 30 laufs erforderlichen Komponenten vergleichsweise teuer sind. Hinzu kommt, dass derartige Kühlkreisläufe einen komplexen Aufbau aufweisen, was einen großen Bau-  
 35 raum erfordert. Bisher sind derartige Kühlkreisläufe mit Kohlenstoffdioxid als Kältemittel daher nur für Anlagen bzw. Prüfkammern mit entsprechend hoher Kälteleitung und damit einem vergleichsweise großen Prüfraum bzw. großen Geräteabmessungen sinnvoll nutzbar. Eine wirtschaftliche Nutzung in vergleichsweise kleinen Anlagen  
 40 bzw. Prüfkammern mit einem kleinen Volumen eines Prüfraums, beispielsweise mit 25 Litern, ist bisher nicht möglich.

**[0006]** Weiter besteht aufgrund der sehr hohen Kälteleistung das Problem, dass klimatische Prüfungen nur eingeschränkt durchgeführt werden können. Hier muss eine definierte relative Luftfeuchtigkeit und Temperatur in dem Prüfraum ausgebildet werden. Dies erfordert unter  
 45 anderem auch eine Entfeuchtung der Luft in dem Prüfraum, wenn beispielsweise während eines Prüfzyklus die Luft in dem Prüfraum abgekühlt wird. Beim Abkühlen der Luft ist ein Niederschlag von Kondensat an den Wärme-  
 50 übertrager, insbesondere aufgrund der hohen Kälteleistung, nur schwer kontrollierbar, sodass es zu einer ungewollten Entfeuchtung der Luft im Prüfraum kommen kann. Weiter kann auch eine Entfeuchtung zu gering sein, wenn beispielsweise im Rahmen eines Prüfzyklus ein nur sehr langsamer, definierter Temperaturwechsel  
 55 vorgesehen ist. Mit einer derartigen Kühleinrichtung ist daher ein klimatischer Prüfzyklus nicht immer mit zufriedenstellender Genauigkeit durchzuführen. Vom Prüf-

raum getrennte Einrichtungen zur Konditionierung von Luft, beispielsweise Anlagen, die einen Luftaustausch im Prüfraum erfordern, sind kostenaufwendig, energieintensiv und vergrößern die Prüfkammer wesentlich.

**[0007]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Konditionierung von Luft in einem Prüfraum einer Prüfkammer sowie eine Prüfkammer vorzuschlagen, das bzw. die eine Durchführung von klimatischen Prüfungen bei einer vergleichsweise kompakten und technisch einfachen Ausbildung der Prüfkammer ermöglicht.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Prüfkammer mit den Merkmalen des Anspruchs 17 gelöst.

**[0009]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Konditionierung von Luft in einem gegenüber einer Umgebung verschließbaren und temperaturgedämmten Prüfraum einer Prüfkammer, insbesondere Klimakammer, zur Aufnahme von Prüfgut, wird mittels einer Kühleinrichtung einer Temperiervorrichtung der Prüfkammer, mit einem Kühlkreislauf mit Kohlenstoffdioxid als einem Kältemittel, einem Wärmeübertrager im Prüfraum, einem Niederdruckverdichter und einem in einer Strömungsrichtung des Kältemittels dem Niederdruckverdichter nachfolgenden Hochdruckverdichter, einem Gaskühler und einem Expansionsventil eine Temperatur in einem Temperaturbereich von  $-20^{\circ}\text{C}$  bis  $+180^{\circ}\text{C}$  innerhalb des Prüfraums ausgebildet, wobei die Temperatur und/oder eine relative Luftfeuchtigkeit in dem Prüfraum mittels einer Steuervorrichtung der Prüfkammer gesteuert und/oder geregelt wird, wobei mittels eines Entfeuchterbypasses des Kühlkreislaufs, mit einem zweiten Expansionsventil und mit einem zweiten Wärmeübertrager in dem Prüfraum, Luft in dem Prüfraum entfeuchtet wird.

**[0010]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird durch eine Temperaturisolierung von Seitenwänden, Bodenwänden und Deckenwänden ein Wärmeaustausch mit einer Umgebung des Prüfraums weitgehend vermieden. Der Wärmeübertrager ist an den Kühlkreislauf angeschlossen bzw. in diesen so integriert, dass im Kühlkreislauf zirkulierendes Kältemittel durch den Wärmeübertrager strömt. Der Wärmeübertrager des Kühlkreislaufs ist innerhalb des Prüfraums bzw. in einem Luftbehandlungsraum des Prüfraums angeordnet, sodass Luft in den Prüfraum über den Wärmeübertrager konditioniert bzw. temperiert wird. Der Gaskühler ist ebenso in den Kühlkreislauf integriert und als ein Wärmeübertrager ausgebildet. Der Gaskühler ist in den Kühlkreislauf in Strömungsrichtung nachfolgend dem Hochdruckverdichter angeordnet, wobei das verdichtete Kältemittel, welches nach der Verdichtung unter einem hohen Druck steht und im Wesentlichen gasförmig oder dampfförmig bzw. als Nassdampf vorliegt, in dem Gaskühler bzw. Kondensator kondensieren kann und dann im Wesentlichen in einem flüssigen Aggregatzustand vorliegt. Auch ist es möglich, dass das gasförmige Kältemittel in dem Gaskühler nicht kondensiert und den Gaskühler im We-

sentlichen in gasförmigen Zustand wieder verlässt. Der Gaskühler bzw. der betreffende Wärmeübertrager kann mit Mitteln zur Kühlung des Kältemittels, beispielsweise durch Luft oder Wasser, ausgestattet sein. Insbesondere kann der Gaskühler als wassergekühlter oder als luftgekühlter Lamellenrohrwärmeübertrager ausgebildet sein. Der Gaskühler ist dann besonders kompakt ausbildbar. Das Kältemittel strömt von dem Gaskühler über das Expansionsventil, über das es durch Expansion in Folge eines Druckabfalls wiederum gasförmig oder dampfförmig wird. Dabei durchströmt es den Wärmeübertrager, der dadurch gekühlt wird. Nachfolgend wird das gasförmige Kältemittel wieder vom dem Niederdruckverdichter und dem Hochdruckverdichter angesaugt und verdichtet.

**[0011]** Bei der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass mittels des Entfeuchterbypasses des Kühlkreislaufs die Luft in dem Prüfraum entfeuchtet wird. Diese Entfeuchtung kann zu einem bestimmten Zeitpunkt eines durchgeführten Prüfzyklus erfolgen, insbesondere immer dann, wenn eine Temperatur in dem Prüfraum in einem Bereich von  $>0$  bis  $<100^{\circ}\text{C}$  ausgebildet ist. Ist eine Temperatur unterhalb oder oberhalb dieses Bereichs innerhalb des Prüfraums ausgebildet, kann sich kein Wasser in der flüssigen Phase an dem zweiten Wärmeübertrager niederschlagen, sodass in diesen Bereichen eine Funktion des Entfeuchterbypasses nicht gegeben ist. Demnach ist der Kühlkreislauf der Kühleinrichtung so beschaffen, dass im Rahmen eines Prüfzyklus die Temperatur von  $-20^{\circ}\text{C}$  bis  $+180^{\circ}\text{C}$  innerhalb des Prüfraums ausgebildet werden kann, wobei die Entfeuchtung der Luft mittels des Entfeuchterbypasses nur in einem Teilbereich dieses Temperaturbereichs durchgeführt wird. Die Entfeuchtung verläuft derart, dass mit dem zweiten Expansionsventil das Kältemittel von einer Hochdruckseite des Kühlkreislaufs in eine Niederdruckseite des Kühlkreislaufs dosiert wird. Dabei kommt es zu einer Abkühlung des zweiten Wärmeübertragers, welcher in einer Strömungsrichtung des Kältemittels nachfolgend im zweiten Expansionsventil in dem Entfeuchterbypass angeordnet ist. Die Steuervorrichtung kann nun das Kältemittel so über das zweite Expansionsventil dosieren, dass eine gewünschte Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur der Luft in dem Prüfraum und der Temperatur des zweiten Wärmeübertragers erzielt wird. Diese Temperaturdifferenz kann dabei so gewählt werden, dass es zu einer Kondensation von Wasser der Luft des Prüfraums an dem zweiten Wärmeübertrager kommt. Hierdurch ist es möglich eine gezielte Entfeuchtung der Luft des Prüfraums im Wesentlichen unabhängig von einer Ausbildung einer Temperatur in dem Prüfraum vorzunehmen. So kann das Expansionsventil und das zweite Expansionsventil voneinander unabhängig mittels der Steuervorrichtung gesteuert werden. Eine Absenkung einer Temperatur in dem Prüfraum kann dann beispielsweise von einer mehr oder weniger starken Entfeuchtung begleitet sein, wodurch eine relative Luftfeuchtigkeit genauer einstellbar bzw. regelbar wird. Ins-

gesamt kann so mit nur wenigen Bauteilen ein klimatischer Prüfzyklus wesentlich genauer mit einer kompakt aufgebauten Prüfkammer durchgeführt werden.

**[0012]** Der Entfeuchterbypass kann in Strömungsrichtung nach dem Gaskühler und vor dem Expansionsventil an einer Hochdruckseite des Kühlkreislafs sowie nach dem Wärmeübertrager und vor dem Niederdruckverdichter an einer Niederdruckseite des Kühlkreislafs angeschlossen sein, wobei über das zweite Expansionsventil Kältemittel von der Hochdruckseite in die Niederdruckseite dosiert werden kann, derart, dass der zweite Wärmeübertrager gekühlt wird. Das zweite Expansionsventil kann ein elektronisches Expansionsventil oder auch ein Magnetventil mit einer nachfolgenden Drosselung, beispielsweise durch ein Kapillarrohr, Düse oder dergleichen oder ein thermostatisches Expansionsventil sein. Optional kann auch vorgesehen sein, dass der Entfeuchterbypass in Strömungsrichtung nach einem eventuell vorhandenen internen Wärmeübertrager, der dem Gaskühler nachfolgt, angeschlossen sein kann. Der Entfeuchterbypass kann daher mit dem Kühlkreislauf parallel zu dem Expansionsventil und dem Wärmeübertrager angeschlossen sein. Der Entfeuchterbypass ist so besonders einfach ausbildbar.

**[0013]** In den Kühlkreislauf kann ein zweiter Bypass mit zumindest einem dritten Expansionsventil ausgebildet sein, wobei der zweite Bypass in Strömungsrichtung nach dem Gaskühler und vor dem Expansionsventil an einer Hochdruckseite des Kühlkreislafs sowie nach dem Wärmeübertrager und vor dem Niederdruckverdichter an einer Niederdruckseite des Kühlkreislafs angeschlossen sein kann, wobei eine Sauggastemperatur und/oder einer Sauggasdruck des Kältemittels auf der Niederdruckseite des Kühlkreislafs vor dem Niederdruckverdichter derart geregelt werden kann, dass über das dritte Expansionsventil Kältemittel in die Niederdruckseite dosiert werden kann. Optional kann vorgesehen sein, dass der zweite Bypass nach einem dem Gaskühler in Strömungsrichtung nachfolgend einem internen Wärmeübertrager in dem Kühlkreislauf an die Hochdruckseite angeschlossen ist. Mittels des dritten Expansionsventils kann so die Sauggastemperatur und/oder der Sauggasdruck vor dem Niederdruckverdichter derart beeinflusst werden, dass sich eine Verdichtungsendtemperatur des Niederdruckverdichters innerhalb eines für den Niederdruckverdichter vorgesehenen Betriebsbereiches befindet. So kann eine Sauggastemperatur des Niederdruckverdichters besonders stark ansteigen, wenn eine Temperatur in dem Prüfraum von beispielsweise +180°C auf eine niedrigere Temperatur abgesenkt werden soll. Da sich der Wärmeübertrager im Prüfraum befindet, kann bei besonders hohen Temperaturen im Prüfraum von beispielsweise +180°C das Kältemittel mit dieser Temperatur aus dem Wärmeübertrager zu dem Niederdruckverdichter strömen. Bevor das stark überhitzte Kältemittel dem Niederdruckverdichter zugeführt wird, kann es durch das über das dritte Expansionsventil dosierte Kältemittel abgekühlt werden.

**[0014]** In dem Kühlkreislauf kann ein weiterer Bypass mit zumindest einem weiteren Ventil ausgebildet sein, wobei der weitere Bypass in Strömungsrichtung nach dem Hochdruckverdichter und vor dem Gaskühler an eine Hochdruckseite des Kühlkreislafs sowie nach dem Wärmeübertrager und vor dem Niederdruckverdichter an eine Niederdruckseite des Kühlkreislafs angeschlossen sein kann, wobei eine Sauggastemperatur und/oder ein Sauggasdruck des Kältemittels auf der Niederdruckseite des Kühlkreislafs vor dem Niederdruckverdichter derart geregelt werden kann, und/oder eine Druckdifferenz zwischen der Hochdruckseite und der Niederdruckseite des Kühlkreislafs derart ausgeglichen werden kann, dass über das weitere Ventil Kältemittel in die Niederdruckseite dosiert werden kann. Demnach ist der weitere Bypass so ausgebildet, dass über das weitere Ventil Kältemittel von der Hochdruckseite auf die Niederdruckseite geleitet werden kann. Das Kältemittel kann dabei überhitzt bzw. gasförmig sein. Ein Zurückleiten von überhitzten Kältemittel von der Hochdruckseite auf die Niederdruckseite mittels des weiteren Bypasses ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn der Kühlkreislauf in einem Teillast-Betriebszustand betrieben wird. Da dann das Expansionsventil nur wenig oder selten geöffnet wird, besteht die Gefahr, dass ein Saugdruck vor dem Niederdruckverdichter zu weit absinkt. Bei der Verwendung von Kohlenstoffdioxid als Kältemittel kann bei einem Druck unterhalb von 5,16 bar absolut Trockeneis entstehen, welches einen sicheren Betrieb des Kühlkreislafes stören und gegebenenfalls den Niederdruckverdichter beschädigen könnte. Da über den weiteren Bypass unmittelbar nachfolgend dem Hochdruckverdichter stark überhitztes Kältemittel vor den Niederdruckverdichter geleitet werden kann, kann wirkungsvoll eine Bildung von Trockeneis verhindert werden. Darüber hinaus ist es auch möglich, über den weiteren Bypass eine Druckdifferenz zwischen der Hochdruckseite und der Niederdruckseite des Kühlkreislafs auszugleichen, beispielsweise wenn die Kühleinrichtung nicht in Betrieb ist und dann die Gefahr besteht, dass infolge eines Temperatenausgleichs mit einer Umgebung Kältemittel erwärmt wird und sich ein unerwünscht hoher Druck in dem Kühlkreislauf einstellt.

**[0015]** Eine Drehzahl des Hochdruckverdichters und/oder des Niederdruckverdichters kann geregelt werden. Der Hochdruckverdichter und/oder der Niederdruckverdichter kann jeweils mit einem Frequenzumrichter ausgebildet sein, welcher eine Drehzahlanpassung der Verdichter erlaubt. Durch eine Absenkung der Drehzahl kann ein Massenstrom des Kältemittels in einem Teillast-Betriebszustand des Kühlkreislafs weiter verringert und so eine Effizienz der Kühleinrichtung in diesem Betriebszustand weiter gesteigert werden. Weiter ermöglicht eine Drehzahlregelung des Niederdruckverdichters ein Anheben und Absenken der Drehzahl des Niederdruckverdichters durch die Steuervorrichtung derart, dass ein Sauggasdruck auf einer Niederdruckseite des Kühlkreislafs veränderbar ist und so in einer ge-

wünschten Weise angepasst werden kann.

**[0016]** Während eines Erhöhens oder eines konstanten Haltens der Temperatur im Prüfraum kann ein Sauggasdruck in einer Niederdruckseite des Kühlkreislaufs vermindert werden, wobei eine Temperaturdifferenz zwischen dem zweiten Wärmeübertrager und dem Prüfraum erhöht werden kann. Ein Sauggasdruck in der Niederdruckseite kann beispielsweise über einen zweiten Bypass in dem Kühlkreislauf, einem weiteren Bypass in dem Kühlkreislauf und/oder eine regelbare Drehzahl des Niederdruckverdichters, sofern die Kühleinrichtung hierüber verfügt, in entsprechender Weise ausgebildet werden. Eine Temperaturdifferenz zwischen dem zweiten Wärmeübertrager und dem Prüfraum wird hier insbesondere dadurch erhöht, dass eine Verdampfungstemperatur des Kältemittels von dem Sauggasdruck auf der Niederdruckseite abhängig ist. Eine Verminderung des Sauggasdrucks führt daher zu einer erhöhten Temperaturdifferenz zwischen dem zweiten Wärmeübertrager und der Temperatur in dem Prüfraum. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn ein gezieltes Entfeuchten der Luft in dem Prüfraum, beispielsweise bei einer konstanten Temperatur in dem Prüfraum, durchgeführt werden soll. Insgesamt kann so eine Kälteleistung des Entfeuchterbypasses bzw. des zweiten Wärmeübertragers vergrößert werden.

**[0017]** Weiter kann auch eine Temperaturdifferenz zwischen dem Wärmeübertrager und dem Prüfraum derart erhöht werden, dass Luft in den Prüfraum entfeuchtet werden kann. Neben dem zweiten Wärmeübertrager bzw. dem Entfeuchterbypass kann der Wärmeübertrager ebenfalls zum Entfeuchten der Luft in dem Prüfraum genutzt werden. Eine zur Entfeuchtung nutzbare Kälteleistung kann so maximiert werden, ohne dass es komplexer, zusätzlicher Komponenten bedarf.

**[0018]** Während eines Absenkens der Temperatur im Prüfraum kann ein Sauggasdruck in einer Niederdruckseite des Kühlkreislaufs erhöht werden, wobei eine Temperaturdifferenz zwischen dem zweiten Wärmeübertrager und dem Prüfraum vermindert werden kann. So kann vor allem bei kleinen Kühllastanforderungen, bei welchen der Niederdruckverdichter im Temperaturbetrieb normalerweise den Sauggasdruck so niedrig wie möglich hält, der Sauggasdruck stark angehoben werden. Dies kann beispielsweise mittels eines zweiten Bypasses oder einer Regelung einer Drehzahl des Niederdruckverdichters erfolgen. Der Sauggasdruck kann dann soweit angehoben werden, dass der Sauggasdruck eine Entfeuchtung ermöglicht, die so weit als möglich minimiert ist. So kann dann der zweite Wärmeübertrager bei Sauggastemperaturen unter 0°C weniger stark vereisen, wodurch eine Bildung einer isolierenden Eisschicht auf dem zweiten Wärmeübertrager gänzlich vermieden oder verringert werden kann. Gleiches betrifft den Wärmeübertrager, der dann ebenfalls durch die erhöhte Sauggastemperatur weniger stark zum Vereisen neigt. Weiter ist es auch möglich eine Temperaturdifferenz zwischen dem Wärmeübertrager bzw. dem zweiten Wärmeüber-

trager im Prüfraum dadurch zu vermindern, dass eine wirksame Wärmeübertragerfläche des Wärmeübertragers bzw. des zweiten Wärmeübertragers vergrößert wird. Dies ist jedoch dann nachteilig, wenn eine hohe Entfeuchterleistung bzw. eine schnelle Entfeuchtung der Luft des Prüfraums gewünscht ist

**[0019]** Der Kühlkreislauf kann einen Mitteldruckbypass aufweisen, der in der Strömungsrichtung nachfolgend dem Gaskühler und vor dem Expansionsventil an einer Hochdruckseite des Kühlkreislaufs sowie vor dem Hochdruckverdichter und nachfolgend dem Niederdruckverdichter an eine Mitteldruckseite des Kühlkreislaufs angeschlossen ist, wobei mittels des weiteren Expansionsventils Kältemittel von der Hochdruckseite in die Mitteldruckseite dosiert werden kann. Mit dem Mitteldruckbypass kann dann eine sogenannte Zwischendruckeinspritzung von Kältemittel in eine den Niederdruckverdichter mit dem Hochdruckverdichter verbindenden Leitung bzw. Mitteldruckseite durchgeführt werden. Das über den Mitteldruckbypass geleitete Kältemittel kann dann an dieser Stelle dem in dem Kühlkreislauf zirkulierenden Kältemittel beigemischt werden.

**[0020]** Der Kühlkreislauf kann einen internen Wärmeübertrager aufweisen, der an einer Hochdruckseite des Kühlkreislaufs in der Strömungsrichtung nachfolgenden Gaskühler und vor dem Expansionsventil angeschlossen sein kann, wobei der interne Wärmeübertrager mit einem Mitteldruckbypass des Kühlkreislaufs gekoppelt sein kann, wobei der Mitteldruckbypass in der Strömungsrichtung nachfolgend dem internen Wärmeübertrager vor dem Gaskühler und vor dem Expansionsventil an der Hochdruckseite sowie vor dem Hochdruckverdichter und nachfolgend dem Niederdruckverdichter an einer Mitteldruckseite des Kühlkreislaufs angeschlossen sein kann, wobei mittels eines weiteren Expansionsventils Kältemittel von der Hochdruckseite über den internen Wärmeübertrager in die Mitteldruckseite dosiert werden kann. Unmittelbar nachfolgend dem internen Wärmeübertrager und vor dem Expansionsventil kann folglich der Mitteldruckbypass mit dem weiteren Expansionsventil am Kreislauf angeschlossen sein. Über das weitere Expansionsventil kann dann auch Kältemittel, welches den internen Wärmeübertrager bereits passiert hat, geleitet und expandiert werden. In dem Mitteldruckbypass nachfolgend dem weiteren Expansionsventil kann ebenfalls der interne Wärmeübertrager angeschlossen sein. Das am weiteren Expansionsventil expandierte Kältemittel durchströmt den internen Wärmeübertrager, der dadurch gekühlt wird. Folglich erfolgt eine Kühlung des internen Wärmeübertragers in der Mitteldruckseite und damit eine Kühlung des Kältemittels in der Hochdruckseite des internen Wärmeübertragers. Prinzipiell kann jedoch auch der Mitteldruckbypass in Strömungsrichtung nachfolgend dem Gaskühler und vor dem internen Wärmeübertrager an den Kühlkreislauf angeschlossen sein, derart, dass das Kältemittel dann über das weitere Expansionsventil und den internen Wärmeübertrager fließt. Nachfolgend dem internen Wärmeübertrager kann

der Mitteldruckbypass zwischen dem Niederdruckverdichter und dem Hochdruckverdichter angeschlossen sein, derart, dass das über den Mitteldruckbypass geleitete Kältemittel an dieser Stelle den in dem Kühlkreislauf zirkulierenden Kältemittel beigemischt werden kann. Durch die Verwendung des Mitteldruckbypasses mit dem internen Wärmeübertrager wird es möglich, je nach Kühllastanforderung der Steuervorrichtung, Kältemittel über den Mitteldruckbypass umzuleiten, sodass weniger Kältemittel über das Expansionsventil strömt. Gleichzeitig kann das über den Mitteldruckbypass fließende Kältemittel mittels des internen Wärmeübertragers dazu genutzt werden das Kältemittel der Hochdruckseite zu temperieren. Die sehr hohe volumetrische Kälteleistung des Kohlenstoffdioxids wird so in Strömungsrichtung vor dem Wärmeübertrager abgezweigt und zur Kühlung des Kältemittels auf der Hochdruckseite genutzt, wenn weniger Kälteleistung im Prüfraum benötigt wird. Dadurch wird es dann auch möglich den Prüfraum kleiner auszubilden und den mit Kohlenstoffdioxid betriebenen Kühlkreislauf für kompaktere Prüfkammern nutzbar zu machen.

**[0021]** Eine Mitteldruckseite des Kühlkreislaufs vor dem Hochdruckverdichter und nachfolgend dem Niederdruckverdichter kann an den Gaskühler angeschlossen sein, wobei Kältemittel von dem Niederdruckverdichter zu dem Hochdruckverdichter über den Gaskühler geleitet werden kann. Dadurch wird es möglich, dass von dem Niederdruckverdichter verdichtete und damit erwärmte Kältemittel über den Gaskühler zu kühlen, bevor es zu dem Hochdruckverdichter gelangt. Dadurch das der Gaskühler zur Kühlung des Kältemittels genutzt werden kann, ist ein zusätzlicher Wärmeübertrager nicht erforderlich.

**[0022]** Alternativ kann eine Mitteldruckseite des Kühlkreislaufs vor dem Hochdruckverdichter und nachfolgenden Niederdruckverdichter an einen Mitteldruckkühler angeschlossen sein, wobei Kältemittel von dem Niederdruckverdichter zu dem Hochdruckverdichter über den Mitteldruckkühler geleitet werden kann. Der Mitteldruckkühler kann dann eigens dazu dienen, dass von dem Niederdruckverdichter verdichtete und damit erwärmte Kältemittel zu kühlen, bevor es zu dem Hochdruckverdichter gelangt.

**[0023]** Der Gaskühler und/oder ein Mitteldruckkühler kann mit einer Luftkühlung oder einer Wasserkühlung ausgebildet sein. Alternativ kann auch eine externe Kühleinrichtung zur Kühlung des Gaskühlers und/oder Mitteldruckkühlers dienen.

**[0024]** Der Kühlkreislauf kann in einem thermodynamisch unterkritischen oder transkritischen Betriebszustand betrieben werden. Je nach Kühllastanforderung innerhalb des Prüfraums kann der Betriebszustand mittels der Steuervorrichtung entsprechend verändert werden. Bei dem unterkritischen Betrieb des Kühlkreislaufs erfolgt eine Verflüssigung des Kältemittels im Gaskühler unterhalb des kritischen Punktes des Kältemittels sowie eine Entspannung am Expansionsventil und eine Um-

wandlung in die gasförmige Phase oder Nassdampf. Zumindest im unterkritischen Betriebszustand kann der Hochdruckverdichter und der Niederdruckverdichter betrieben werden. Der unterkritische Betriebszustand des Kühlkreislaufs entspricht einem Teillastbetrieb. Beim transkritischen Betriebszustand zirkuliert das Kältemittel im Kühlkreislauf im Wesentlichen im gasförmigen Zustand. D.h. eine Temperaturdifferenz ist soweit vermindert, dass das Kältemittel nicht im Gaskühler verflüssigt wird. Auch wird im transkritischen Betriebszustand ein Druck oberhalb des kritischen Punktes des Kältemittels am Gaskühler erreicht. Wenn beispielsweise eine hohe Kühllastanforderung vorliegt, bzw. eine Abkühlung ausgehend von + 180°C auf - 20°C erforderlich ist, kann der Kühlkreislauf transkritisch betrieben werden. Für den Fall, dass eine geringe Kühllastanforderung innerhalb des Prüfraums vorliegt, beispielsweise wenn eine Temperatur konstant gehalten werden soll, oder niedrige Umgebungstemperaturen vorliegen, kann der Kühlkreislauf unterkritisch betrieben werden. Dadurch kann insbesondere bei geringen Kühllastanforderungen eine Effizienzsteigerung im Gegensatz zu ausschließlich transkritischen Betriebszuständen erzielt werden. Der Wechsel zwischen dem unterkritischen und dem transkritischen Betriebszustand wird insbesondere durch den Mitteldruckbypass und den internen Wärmeübertrager möglich.

**[0025]** Vorteilhaft kann reines Kohlenstoffdioxid als das Kältemittel verwendet werden. Reines Kohlenstoffdioxid weist einen GWP von 1 auf, ist nicht brennbar, ungefährlich und kostengünstig erhältlich. Darüber hinaus ist Kohlenstoffdioxid ein Reinstoff bzw. azeotrop, was die vorteilhafte Durchführung des Verfahrens und dessen Varianten überhaupt erst ermöglicht. Ein Kältemittel mit zeotropen Verhalten würde hingegen eine Bereitstellung einer ausreichenden Menge von gasförmigem Kältemittel bei einer sehr geringen Temperaturdifferenz kaum ermöglichen und somit eine Leistungsregelung des Hochdruckverdichters kaum zulassen.

**[0026]** Mittels der Temperier Vorrichtung kann eine Temperatur in einem Temperaturbereich von - 40°C bis + 180°C, bevorzugt von - 50°C bis + 180°C, besonders bevorzugt von - 55°C bis + 180°C, innerhalb des Prüfraums ausgebildet werden.

**[0027]** Mittels der Temperier Vorrichtung kann eine relative Luftfeuchtigkeit in einem Bereich von 10 % bis 95 %, bevorzugt von 5 % bis 99 %, bei einer Temperatur in einem Temperaturbereich von +10 °C bis +90°C, bevorzugt von +5 °C bis +98 °C, innerhalb des Prüfraums ausgebildet werden.

**[0028]** Die erfindungsgemäße Prüfkammer, insbesondere Klimakammer, zur Konditionierung von Luft, umfasst einen gegenüber einer Umgebung verschließbaren und temperaturisolierten Prüfraum zur Aufnahme von Prüfgut, und eine Temperier Vorrichtung zur Temperierung des Prüfraums, wobei mittels der Temperier Vorrichtung eine Temperatur in einem Temperaturbereich von - 20°C bis + 180°C innerhalb des Prüfraums ausbildbar ist,

wobei die Temperiervorrichtung eine Kühleinrichtung mit einem Kühlkreislauf mit Kohlenstoffdioxid als einem Kältemittel, einem Wärmeübertrager im Prüfraum, einem Niederdruckverdichter und einem in einer Strömungsrichtung des Kältemittels den Niederdruckverdichter nachfolgenden Hochdruckverdichter, einem Gaskühler und einem Expansionsventil aufweist, wobei die Prüfkammer eine Steuervorrichtung zur Steuerung und/oder Regelung der Temperatur und/oder relativen Luftfeuchtigkeit in dem Prüfraum aufweist, wobei der Kühlkreislauf einen Entfeuchterbypass mit einem zweiten Expansionsventil und mit einem zweiten Wärmeübertrager in den Prüfraum, zur Entfeuchtung von Luft in dem Prüfraum, aufweist. Zu den Vorteilen der erfindungsgemäßen Prüfkammer wird auf die Vorteilsbeschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens verwiesen.

**[0029]** Bei vergleichbaren Kühlkreisläufen, die mit Kohlenstoffdioxid als Kältemittel betrieben werden, wird ein zusätzliches Ventil inkl. Drosselorgan parallel zu dem Expansionsventil benötigt, um die Kühleinrichtung in dem angegebenen Temperaturbereich betreiben zu können. Durch die Verwendung des Entfeuchterbypasses kann dieses Ventil bzw. der entsprechende Leitungsschnitt des Kühlkreislaufes entfallen, wodurch der Kühlkreislauf einfacher herstellbar wird. Eine wirksame Fläche des Wärmeübertragers zum Kühlen der Luft in dem Prüfraum wird dann erhöht, da auch in einem Klimabetrieb der Temperiervorrichtung ein großer Teil der wirksamen Fläche des Wärmeübertragers zum Kühlen der Luft in dem Prüfraum verwendet werden kann. Durch die Erhöhung der wirksamen Fläche des Wärmeübertragers wird eine geringere Temperaturdifferenz zwischen einer Temperatur des Wärmeübertragers und einer Temperatur der Luft in dem Prüfraum benötigt, um eine vergleichbare Kühlleistung zu erzielen. Eine Kälteleistung (W) ergibt sich aus dem Produkt einer Fläche ( $m^2$ ) des Wärmetauschers, einem Wärmeübertragungskoeffizienten ( $W/m^2 \cdot K$ ) und einer Temperaturdifferenz (K). Eine kleinere Temperaturdifferenz bei größerer, wirksamer Fläche des Wärmeübertragers führt dazu, dass eine Genauigkeit einer Regelung verbessert werden kann, weil eine ungewollte Entfeuchtung, beispielsweise durch Kondensat an einer kalten Fläche des Wärmeübertragers bei einer Taupunktunterschreitung, abnimmt. In dem Entfeuchterbypasses kann in der Strömungsrichtung nachfolgend dem zweiten Wärmeübertrager ein Rückschlagventil angeordnet sein. Mittels des Rückschlagventils kann verhindert werden, dass sich Kältemittel entgegen der Strömungsrichtung in den zweiten Wärmeübertrager verlagert, wenn das zweite Expansionsventil geschlossen ist.

**[0030]** Der Hochdruckverdichter und der Niederdruckverdichter können mit einem gemeinsamen Verdichtergehäuse ausgebildet sein. Prinzipiell können der Hochdruckverdichter und der Niederdruckverdichter auch mit zwei getrennten Verdichtergehäusen ausgebildet sein. Durch den Einsatz des Niederdruckverdichters und des Hochdruckverdichters in dem gemeinsamen Verdichter-

gehäuse wird ein benötigter Bauraum für die Verdichter wesentlich verkleinert. Die Verdichter können als Rollkolben-, sowie als vollhermetische Hubkolbenverdichter im Kapselformat ausgebildet sein. Weiter kann in der Strömungsrichtung nachfolgend dem Hochdruckverdichter in dem Kühlkreislauf ein Ölabscheider verbaut sein. Da in dem Prüfraum eine Temperatur von bis zu  $+180^\circ C$  erreicht werden kann, wird diese Temperatur dann über den Wärmeübertrager auch auf das darin enthaltene Kältemittel übertragen. Dies kann zu einem starken Alterungsprozess des in dem Kühlkreislauf befindlichen Öls führen, was wiederum zu einer Beschädigung der Verdichter führen kann. Mittels des Ölabscheiders kann eine Ölmenge innerhalb des Wärmeübertragers möglichst geringgehalten werden, so dass nur wenig Öl entsprechend hohen Temperaturen ausgesetzt ist. Eine Lebensdauer der Verdichter kann so weiter verlängert werden.

**[0031]** Der Wärmeübertrager und der zweite Wärmeübertrager können mit voneinander separierten Übertragerkörpern oder einem gemeinsamen Übertragerkörper ausgebildet sein. Unter einem Übertragerkörper wird hier ein Korpus verstanden, der beispielsweise einteilig oder mehrteilig ausgebildet sein kann und von dem Kältemittel durchströmt wird. Hierunter fallen auch Leitungsanordnungen die mit Lamellen zur besseren Wärmeübertragung versehen sind. Die Lamellen bilden dann zusammen mit der bzw. den Leitungsanordnungen den Übertragerkörper aus. Der Übertragerkörper weist dann eine zur Wärmeübertragung wirksame Fläche auf.

**[0032]** Die Temperiervorrichtung kann eine Heizeinrichtung mit einer Heizung und einem Heiz-Wärmeübertrager in dem Prüfraum aufweisen. Die Heizeinrichtung kann beispielsweise eine elektrische Widerstandsheizung sein, die den Heiz-Wärmeübertrager beheizt, derart, dass über den Heiz-Wärmeübertrager eine Temperaturerhöhung im Prüfraum ermöglicht wird. Wenn der Wärmeübertrager und der Heiz-Wärmeübertrager mittels der Steuervorrichtung zur Kühlung oder Erwärmung der im Prüfraum umgewälzten Luft gezielt gesteuert bzw. geregelt werden können, kann mittels der Temperiervorrichtung dann innerhalb des Prüfraums eine Temperatur in den vorstehend angegebenen Temperaturbereichen ausgebildet werden.

**[0033]** Weitere Ausführungsformen einer Prüfkammer ergeben sich aus den Merkmalsbeschreibungen der auf den Verfahrensanspruch 1 rückbezogenen Unteransprüche.

**[0034]** Nachfolgend wird eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

**[0035]** Es zeigen:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer Kühleinrichtung;

**Fig. 2** eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform einer Kühleinrichtung;

- Fig. 3** eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform einer Kühleinrichtung;
- Fig. 4** eine schematische Darstellung einer vierten Ausführungsform einer Kühleinrichtung;
- Fig. 5** eine schematische Darstellung einer fünften Ausführungsform einer Kühleinrichtung.

**[0036]** Die **Fig. 1** zeigt eine mögliche Ausführungsform einer Kühleinrichtung 10 einer hier nicht dargestellten Prüfkammer. Die Kühleinrichtung 10 umfasst einen Kühlkreislauf 11 mit Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) als einem Kältemittel, einem Wärmeübertrager 12, einem Niederdruckverdichter 13, einem Hochdruckverdichter 14, einem Gaskühler 15 und einem Expansionsventil 16. Der Gaskühler 15 ist hier in Art eines Wärmeübertragers bzw. Kondensators ausgebildet und über ein Wärmeträgermedium, wie beispielsweise Luft oder Wasser, gekühlt. Der Wärmeübertrager 12 ist in einem hier nicht dargestellten Luftbehandlungskanal des Prüfraumes der Prüfkammer angeordnet, derart, dass Luft im Prüfraum, die über den Luftbehandlungskanal umgewälzt wird, mittels des Wärmeübertragers 12 gekühlt werden kann. Weiter weist der Kühlkreislauf 11 eine Niederdruckseite 17, eine Mitteldruckseite 18 und eine Hochdruckseite 19 auf. In der Niederdruckseite 17 ist ein Druck des Kältemittels vergleichsweise niedriger als in der Mitteldruckseite 18. In der Mitteldruckseite 18 ist ein Druck des Kältemittels vergleichsweise niedriger als in der Hochdruckseite 19.

**[0037]** Weiter ist in dem Kühlkreislauf 11 ein Entfeuchterbypass 20, mit einem zweiten Expansionsventil 21 und mit einem zweiten Wärmeübertrager 22, welcher sich ebenfalls in dem Prüfraum befindet, angeordnet. Mittels des zweiten Wärmeübertragers 22 bzw. dem Entfeuchterbypass 20 kann Luft in dem Prüfraum entfeuchtet werden. Die Prüfkammer verfügt hierzu über eine nicht näher dargestellte Steuervorrichtung, mit der eine Temperatur und/oder eine relative Luftfeuchtigkeit in dem Prüfraum gesteuert bzw. geregelt werden kann. Die Steuervorrichtung kann dazu insbesondere das Expansionsventil 16 und das zweite Expansionsventil 21 betätigen. Dadurch wird es möglich mit der Kühleinrichtung 10 klimatische Prüfungen durchführen, bei denen eine Entfeuchtung bzw. relative Luftfeuchtigkeit in dem Prüfraum auch bei konstanter oder fallender Temperatur in dem Prüfraum sehr genau ausgebildet werden kann.

**[0038]** Der Kühlkreislauf 11 weist weiter in einer Strömungsrichtung des Kältemittels nachfolgend einen internen Wärmeübertrager 23 und vor dem Expansionsventil 16 einen Mitteldruckbypass 24 auf, der in der Strömungsrichtung nachfolgend dem Niederdruckverdichter 13 und vor dem Hochdruckverdichter 14 mündet. In dem Mitteldruckbypass 24 ist ein weiteres Expansionsventil 25 angeordnet. Das weitere Expansionsventil 25 ist dabei in der Strömungsrichtung vor dem internen Wärmeübertrager 23 angeschlossen. Von dem Gaskühler 15 kann nun im Wesentlichen flüssiges Kältemittel durch die

Hochdruckseite 19 des internen Wärmeübertragers 23 geleitet und bei Bedarf über das weitere Expansionsventil 25 in die Mitteldruckseite 18 des internen Wärmeübertragers 23 dosiert werden. Dabei wird das Kältemittel der Hochdruckseite 19 so weit unterkühlt, dass am Expansionsventil 16 bzw. dem Wärmeübertrager 12 eine noch niedrigere Temperatur ausgebildet werden kann. Gleichzeitig kann das über den Mitteldruckbypass 24 strömende Kältemittel dazu benutzt werden, eine Sauggastemperatur des Hochdruckverdichters 14 vergleichsweise niedrig zu halten.

**[0039]** Darüber hinaus umfasst der Kühlkreislauf 11 einen zweiten Bypass 26 mit einem dritten Expansionsventil 27. Der zweite Bypass 26 ist in der Strömungsrichtung des Kältemittels nachfolgend dem internen Wärmeübertrager 23 und vor dem Expansionsventil 16 sowie in der Strömungsrichtung nachfolgend dem Wärmeübertrager 14 und vor dem Niederdruckverdichter 13 an den Kühlkreislauf 11 angeschlossen. Mittels des dritten Expansionsventils 27 kann flüssiges Kältemittel auf die Niederdruckseite 17, vorbei an dem Expansionsventil 16 und dem Wärmeüberlager 12, geleitet werden. Dadurch wird es möglich, eine Sauggastemperatur und/oder einen Sauggasdruck in der Niederdruckseite 17 vor dem Niederdruckverdichter 13 zu regeln.

**[0040]** Weiter umfasst der Kühlkreislauf 11 einen weiteren Bypass 28 mit einem weiteren Ventil 29, wobei der weitere Bypass 28 in der Strömungsrichtung des Kältemittels nachfolgend dem Hochdruckverdichter 14 und vor dem Gaskühler 15 sowie in der Strömungsrichtung nachfolgend dem Wärmeübertrager 12 und vor dem Niederdruckverdichter 13 an dem Kühlkreislauf 11 angeschlossen ist. Mittels des weiteren Bypasses 28 bzw. des weiteren Ventils 29 kann in Abhängigkeit eines Betriebszustandes des Kühlkreislaufes 11 Kältemittel, insbesondere überhitztes Kältemittel bzw. gasförmiges Kältemittel, von der Hochdruckseite 19 auf die Niederdruckseite 17 vor den Niederdruckverdichter 13 geleitet werden. Hierdurch wird es ebenfalls möglich, eine Sauggastemperatur und/oder einen Sauggasdruck der Niederdruckseite 17 vor dem Niederdruckverdichter 13 zu regeln. Eine Regelung kann mittels der nicht dargestellten Steuervorrichtung der Prüfkammer und im Kühlkreislauf 11 befindliche Sensoren, insbesondere Druck- und Temperatursensoren, erfolgen.

**[0041]** Die **Fig. 2** zeigt eine Kühleinrichtung 30 mit einem Kühlkreislauf 31, wobei hier im Unterschied zu dem Kühlkreislauf aus der **Fig. 1** eine Mitteldruckseite 32 des Kühlkreislaufs 31 vor dem Hochdruckverdichter 14 und nachfolgend dem Niederdruckverdichter 13 an einen Gaskühler 33 angeschlossen ist. So kann Kältemittel von dem Niederdruckverdichter 13 zu dem Hochdruckverdichter 14 über den Gaskühler 33 geleitet und dort abgekühlt werden. Der Kühlkreislauf 31 ist somit nicht mit einem internen Wärmetauscher ausgebildet.

**[0042]** Die **Fig. 3** zeigt eine Kühleinrichtung 34 mit einem Kühlkreislauf 35 bei dem im Unterschied zum Kühlkreislauf aus der **Fig. 2** ein Entfeuchterbypass 36

mit einem zweiten Expansionsventil 37, einem zweiten Wärmeübertrager 38 und einem Rückschlagventil 39 ausgebildet ist. Das Rückschlagventil 39 ist in einer Strömungsrichtung des Kältemittels nachfolgend dem zweiten Wärmeübertrager 38 in dem Entfeuchterbypass 36 angeordnet. So kann verhindert werden, dass Kältemittel einer Niederdruckseite 40 des Kühlkreislaufs 31 neben dem Entfeuchterbypass 36 entgegen einer regulären Strömungsrichtung einfließt und sich in den zweiten Wärmeübertrager 28 verlagert.

[0043] Die Fig. 4 zeigt eine Kühleinrichtung 41 mit einem Kühlkreislauf 42 bei dem im Unterschied zum Kühlkreislauf aus der Fig. 3 ein Gaskühler 43 mit einer Wasserkühlung verwendet wird. Eine Mitteldruckseite 44 ist hier mit einem Mitteldruckkühler 45 ausgebildet, der ebenfalls wassergekühlt ist. Der Mitteldruckkühler 45 dient zum Kühlen des Kältemittels, welches von dem Niederdruckverdichter 13 zum dem Hochdruckverdichter 14 über die Mitteldruckseite 44 strömt.

[0044] Die Fig. 5 zeigt eine Kühleinrichtung 46 mit einem Kühlkreislauf 47, wobei der Kühlkreislauf 47 im Unterschied zum Kühlkreislauf aus der Fig. 4 einen Mitteldruckbypass 48 aufweist. Der Mitteldruckbypass 48 ist in einer Strömungsrichtung des Kältemittels nachfolgend dem Gaskühler 43 und vor dem Expansionsventil 16 an einer Hochdruckseite 49 des Kühlkreislaufs 47 sowie vor dem Hochdruckverdichter 14 und nachfolgend dem Niederdruckverdichter 13 an einer Mitteldruckseite 50 des Kühlkreislaufs 47 angeschlossen. Mittels eines weiteren Expansionsventils 51 kann Kältemittel von der Hochdruckseite 49 in die Mitteldruckseite 50 dosiert werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Konditionierung von Luft in einem gegenüber einer Umgebung verschließbaren und temperaturisolierten Prüfraum einer Prüfkammer, insbesondere Klimakammer, zur Aufnahme von Prüfgut, wobei mittels einer Kühleinrichtung (10, 30, 34, 41, 46) einer Temperiervorrichtung der Prüfkammer, mit einem Kühlkreislauf (11, 31, 35, 42, 47) mit Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) als einem Kältemittel, einem Wärmeübertrager (12) in dem Prüfraum, einem Niederdruckverdichter (13) und einem in einer Strömungsrichtung des Kältemittels dem Niederdruckverdichter nachfolgenden Hochdruckverdichter (14), einem Gaskühler (15, 33, 43) und einem Expansionsventil (16) eine Temperatur in einem Temperaturbereich von -20 °C bis +180 °C innerhalb des Prüfraums ausgebildet wird, wobei die Temperatur und/oder eine relative Luftfeuchtigkeit in dem Prüfraum mittels einer Steuervorrichtung der Prüfkammer gesteuert und/oder geregelt wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** mittels eines Entfeuchterbypasses (20, 36) des Kühlkreislaufs, mit einem zweiten Expansionsventil (21, 37) und mit einem zweiten Wärmeübertrager

(22, 38) in dem Prüfraum, Luft in dem Prüfraum entfeuchtet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Entfeuchterbypass (20, 36) in Strömungsrichtung nach dem Gaskühler (15, 33, 43) und vor dem Expansionsventil (16) an eine Hochdruckseite (19, 49) des Kühlkreislaufs (11, 31, 35, 42, 47) sowie nach dem Wärmeübertrager (12) und vor dem Niederdruckverdichter (13) an eine Niederdruckseite (17, 40) des Kühlkreislaufs angeschlossen ist, wobei über das zweite Expansionsventil (21, 37) Kältemittel von der Hochdruckseite in die Niederdruckseite dosiert wird, derart, dass der zweite Wärmeübertrager (22, 38) gekühlt wird.

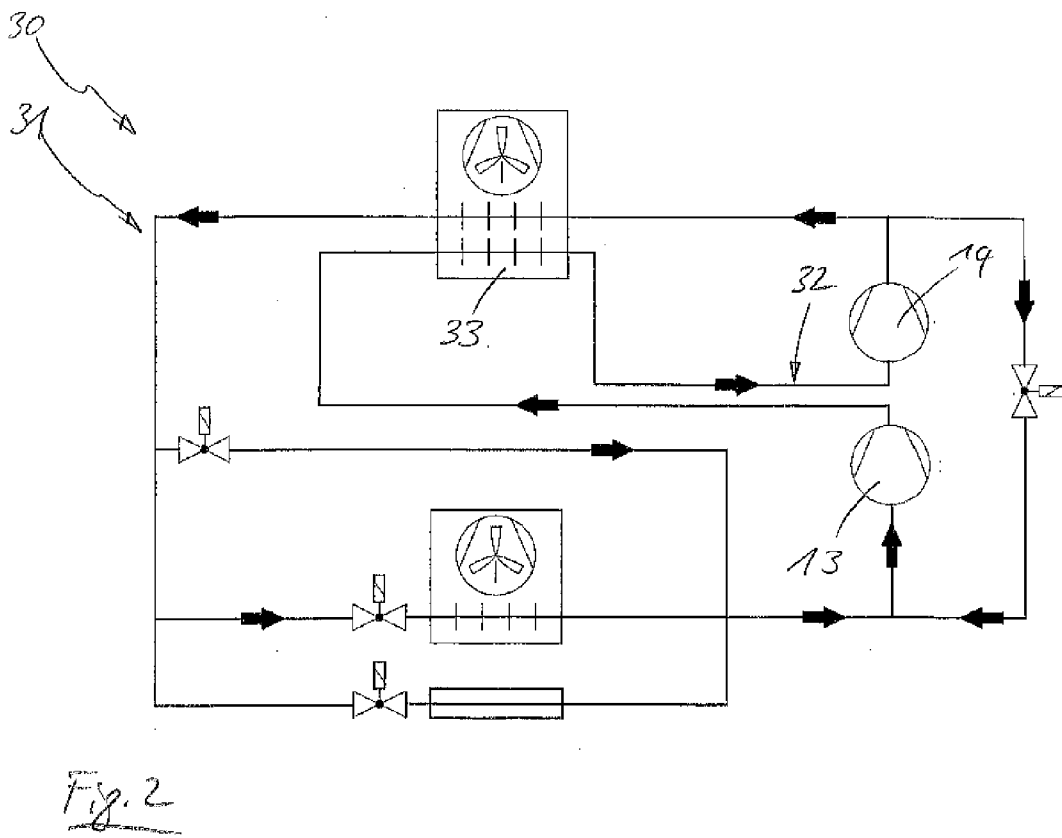
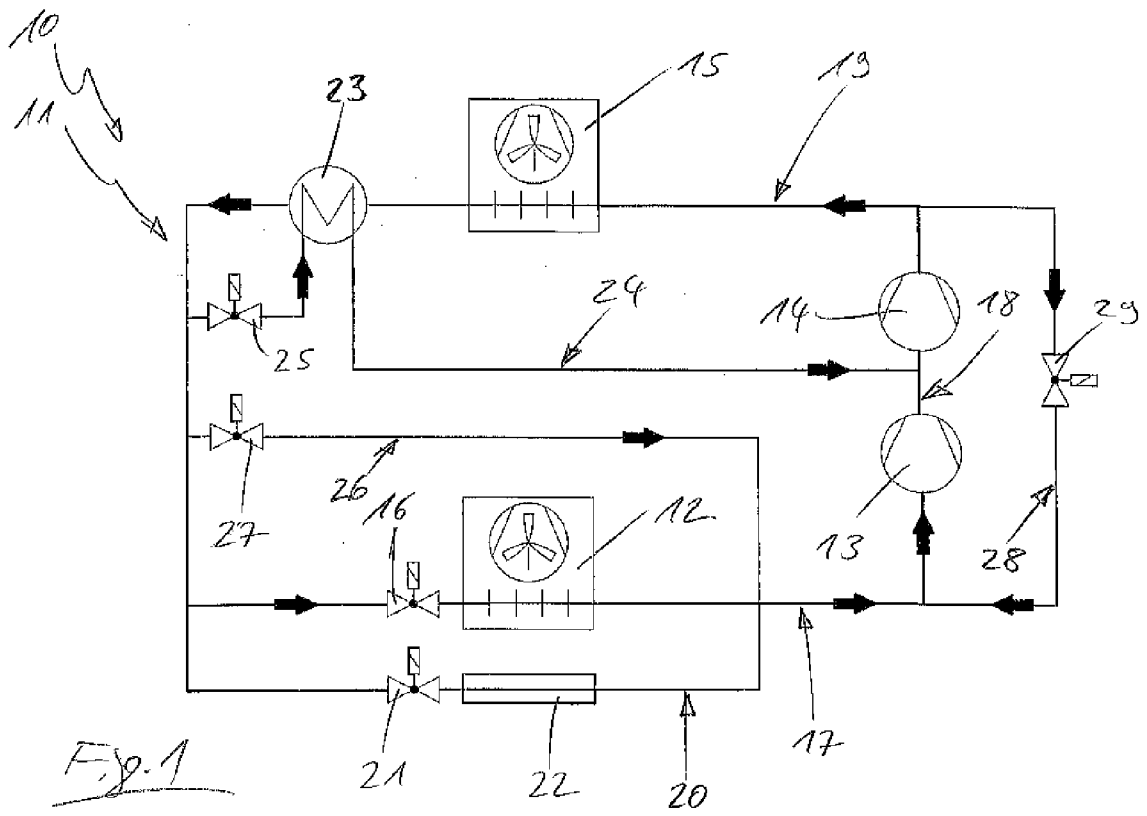
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in dem Kühlkreislauf (11, 31, 35, 42, 47) ein zweiter Bypass (26) mit zumindest einem dritten Expansionsventil (27) ausgebildet ist, wobei der zweite Bypass in Strömungsrichtung nach dem Gaskühler (15, 33, 43) und vor dem Expansionsventil (16) an eine Hochdruckseite (19, 49) des Kühlkreislaufs sowie nach dem Wärmeübertrager (12) und vor dem Niederdruckverdichter (13) an eine Niederdruckseite (17, 40) des Kühlkreislaufs angeschlossen ist, wobei eine Sauggastemperatur und/oder ein Sauggasdruck des Kältemittels auf der Niederdruckseite des Kühlkreislaufs vor dem Niederdruckverdichter derart geregelt wird, dass über das dritte Expansionsventil Kältemittel in die Niederdruckseite dosiert wird.

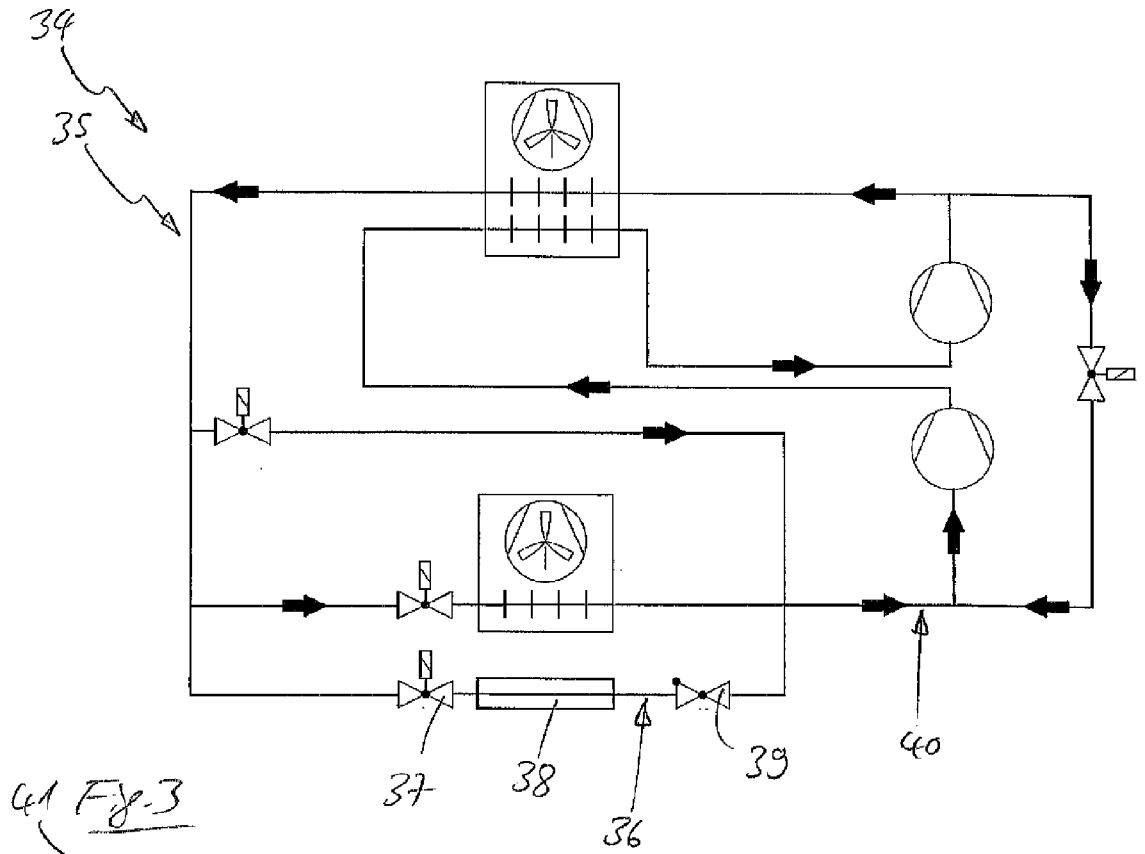
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in dem Kühlkreislauf (11, 31, 35, 42, 47) ein weiterer Bypass (28) mit zumindest einem weiteren Ventil (29) ausgebildet ist, wobei der weitere Bypass in Strömungsrichtung nach dem Hochdruckverdichter (14) und vor dem Gaskühler (15) an eine Hochdruckseite (19, 49) des Kühlkreislaufs sowie nach dem Wärmeübertrager (12) und vor dem Niederdruckverdichter (13) an eine Niederdruckseite (17, 40) des Kühlkreislaufs angeschlossen ist, wobei eine Sauggastemperatur und/oder ein Sauggasdruck des Kältemittels auf der Niederdruckseite des Kühlkreislaufs vor dem Niederdruckverdichter derart geregelt wird, und/oder eine Druckdifferenz zwischen der Hochdruckseite und der Niederdruckseite des Kühlkreislaufs derart ausgeglichen wird, dass über das weitere Ventil Kältemittel in die Niederdruckseite dosiert wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,

- dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** eine Drehzahl des Hochdruckverdichters (14) und/oder des Niederdruckverdichters (13) geregelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** während eines Erhöhens oder eines konstanten Haltens der Temperatur im Prüfraum ein Sauggasdruck in einer Niederdruckseite (17, 40) des Kühlkreislaufs (11, 31, 35, 42, 47) vermindert wird, wobei eine Temperaturdifferenz zwischen dem zweiten Wärmeübertrager (22, 38) und dem Prüfraum erhöht wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** eine Temperaturdifferenz zwischen dem Wärmeübertrager (12) und dem Prüfraum derart erhöht wird, dass Luft in dem Prüfraum entfeuchtet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** während eines Absenkens der Temperatur im Prüfraum ein Sauggasdruck in einer Niederdruckseite (17, 40) des Kühlkreislaufs (11, 31, 35, 42, 47) erhöht wird, wobei eine Temperaturdifferenz zwischen dem zweiten Wärmeübertrager (22, 38) und dem Prüfraum vermindert wird.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Kühlkreislauf (47) einen Mitteldruckbypass (48) aufweist, der in der Strömungsrichtung nachfolgend dem Gaskühler (43) und vor dem Expansionsventil (16) an einer Hochdruckseite (49) des Kühlkreislaufs sowie vor dem Hochdruckverdichter (14) und nachfolgend dem Niederdruckverdichter (13) an eine Mitteldruckseite (50) des Kühlkreislaufs angeschlossen ist, wobei mittels eines weiteren Expansionsventils (51) Kältemittel von der Hochdruckseite in die Mitteldruckseite dosiert wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Kühlkreislauf (11) einen internen Wärmeübertrager (23) aufweist, der an einer Hochdruckseite (19) des Kühlkreislaufs in der Strömungsrichtung nachfolgend dem Gaskühler (15) und vor dem Expansionsventil (16) angeschlossen ist, wobei der interne Wärmeübertrager mit einem Mitteldruckbypass (24) des Kühlkreislaufs gekoppelt ist, wobei der Mitteldruckbypass in der Strömungsrichtung nachfolgend dem internen Wärmeübertrager oder dem Gaskühler und vor dem Expansionsventil an der Hochdruckseite sowie vor dem Hochdruckverdichter (14) und nachfolgend dem Niederdruckverdichter (13) an eine Mitteldruckseite (18) des Kühlkreislaufs angeschlossen ist, wobei mittels eines weiteren Expansionsventils (25) Kältemittel von der Hochdruckseite über den internen Wärmeübertrager in die Mitteldruckseite dosiert wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** eine Mitteldruckseite (32) des Kühlkreislaufs (31, 35) vor dem Hochdruckverdichter (14) und nachfolgend dem Niederdruckverdichter (13) an den Gaskühler (33) angeschlossen ist, wobei Kältemittel von dem Niederdruckverdichter zu dem Hochdruckverdichter über den Gaskühler geleitet wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** eine Mitteldruckseite (44) des Kühlkreislaufs (42) vor dem Hochdruckverdichter (14) und nachfolgend dem Niederdruckverdichter (13) an einen Mitteldruckkühler (45) angeschlossen ist, wobei Kältemittel von dem Niederdruckverdichter zu dem Hochdruckverdichter über den Mitteldruckkühler geleitet wird.
13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Kühlkreislauf (11, 31, 35, 42, 47) in einem thermodynamisch unterkritischen oder transkritischen Betriebszustand betrieben wird.
14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** reines Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) als das Kältemittel verwendet wird.
15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** mittels der Temperiervorrichtung eine Temperatur in einem Temperaturbereich von -40 °C bis +180 °C, bevorzugt von -50 °C bis +180 °C, innerhalb des Prüfraums ausgebildet wird.
16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** mittels der Temperiervorrichtung eine relative Luftfeuchtigkeit in einem Bereich von 10 % bis 95 %, bevorzugt von 5 % bis 99 %, bei einer Temperatur in einem Temperaturbereich von +10 °C bis +90 °C, bevorzugt von +5 °C bis +98 °C, innerhalb des Prüfraums ausgebildet wird.

17. Prüfkammer, insbesondere Klimakammer, zur Konditionierung von Luft, umfassend einen gegenüber einer Umgebung verschließbaren und temperaturisolierten Prüfraum zur Aufnahme von Prüfgut, und eine Temperiervorrichtung zur Temperierung des Prüfraums, wobei mittels der Temperiervorrichtung eine Temperatur in einem Temperaturbereich von -20 °C bis +180 °C innerhalb des Prüfraums ausbildbar ist, wobei die Temperiervorrichtung eine Kühleinrichtung (10, 30, 34, 41, 46) mit einem Kühlkreislauf (11, 31, 35, 42, 47) mit Kohlenstoffdioxid als einem Kältemittel, einem Wärmeübertrager (12) in dem Prüfraum, einem Niederdruckverdichter (13) und einem in einer Strömungsrichtung des Kältemittels dem Niederdruckverdichter nachfolgenden Hochdruckverdichter (14), einem Gaskühler (15, 33, 43) und einem Expansionsventil (16) aufweist, wobei die Prüfkammer eine Steuervorrichtung zur Steuerung und/oder Regelung der Temperatur und/oder relativen Luftfeuchtigkeit in dem Prüfraum aufweist, 5
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** der Kühlkreislauf einen Entfeuchterbypass (20, 36) mit einem zweiten Expansionsventil (21, 37) und mit einem zweiten Wärmeübertrager (22, 38) in dem Prüfraum, zur Entfeuchtung von Luft in dem Prüfraum, aufweist. 10
18. Prüfkammer nach Anspruch 17, 15
- dadurch gekennzeichnet,** 20
- dass** in dem Entfeuchterbypass (36) in der Strömungsrichtung nachfolgend dem zweiten Wärmeübertrager (38) ein Rückschlagventil (39) angeordnet ist. 25
19. Prüfkammer nach Anspruch 17 oder 18, 30
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** der Hochdruckverdichter (14) und der Niederdruckverdichter (13) mit einem gemeinsamen Verdichtergehäuse ausgebildet sind. 35
20. Prüfkammer nach einem der Ansprüche 17 bis 19, 40
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** der Wärmeübertrager (12) und der zweite Wärmeübertrager (22, 38) mit voneinander separierten Übertragerkörpern oder einem gemeinsamen Übertragerkörper ausgebildet sind. 45
21. Prüfkammer nach einem der Ansprüche 17 bis 20, 50
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** die Temperiervorrichtung eine Heizeinrichtung mit einer Heizung und einen Heiz-Wärmeübertrager in dem Prüfraum aufweist. 55





41 Fig. 3

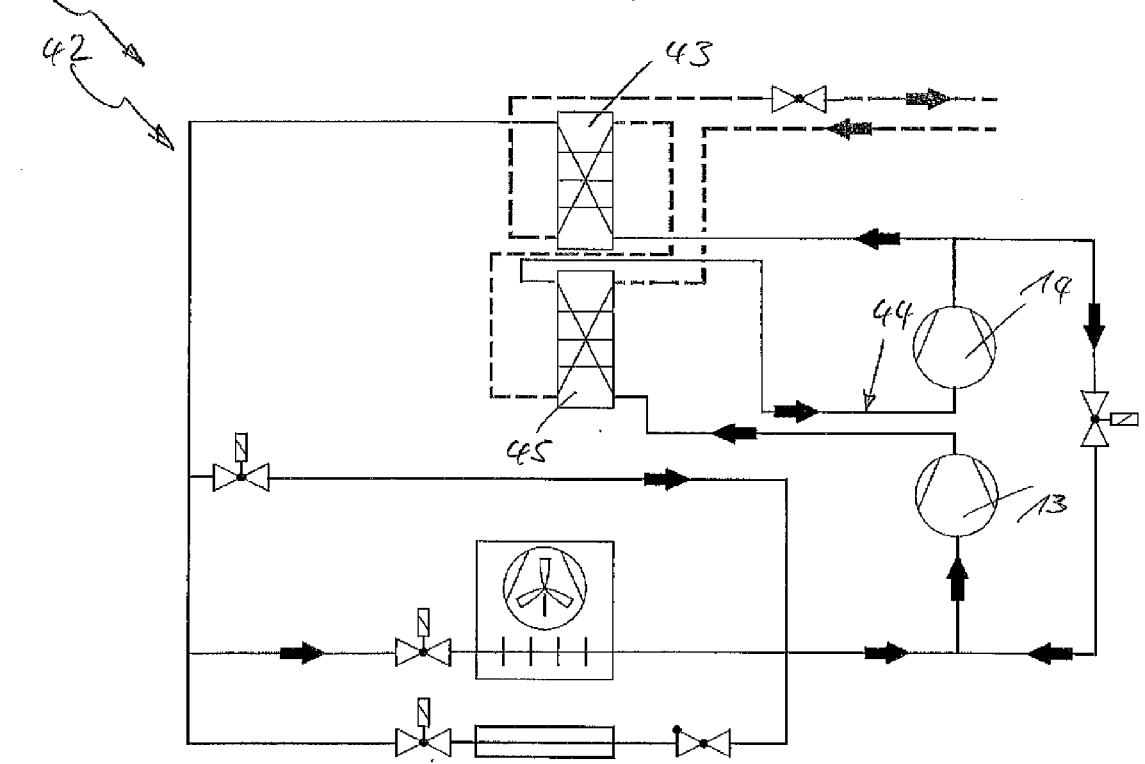


Fig. 4

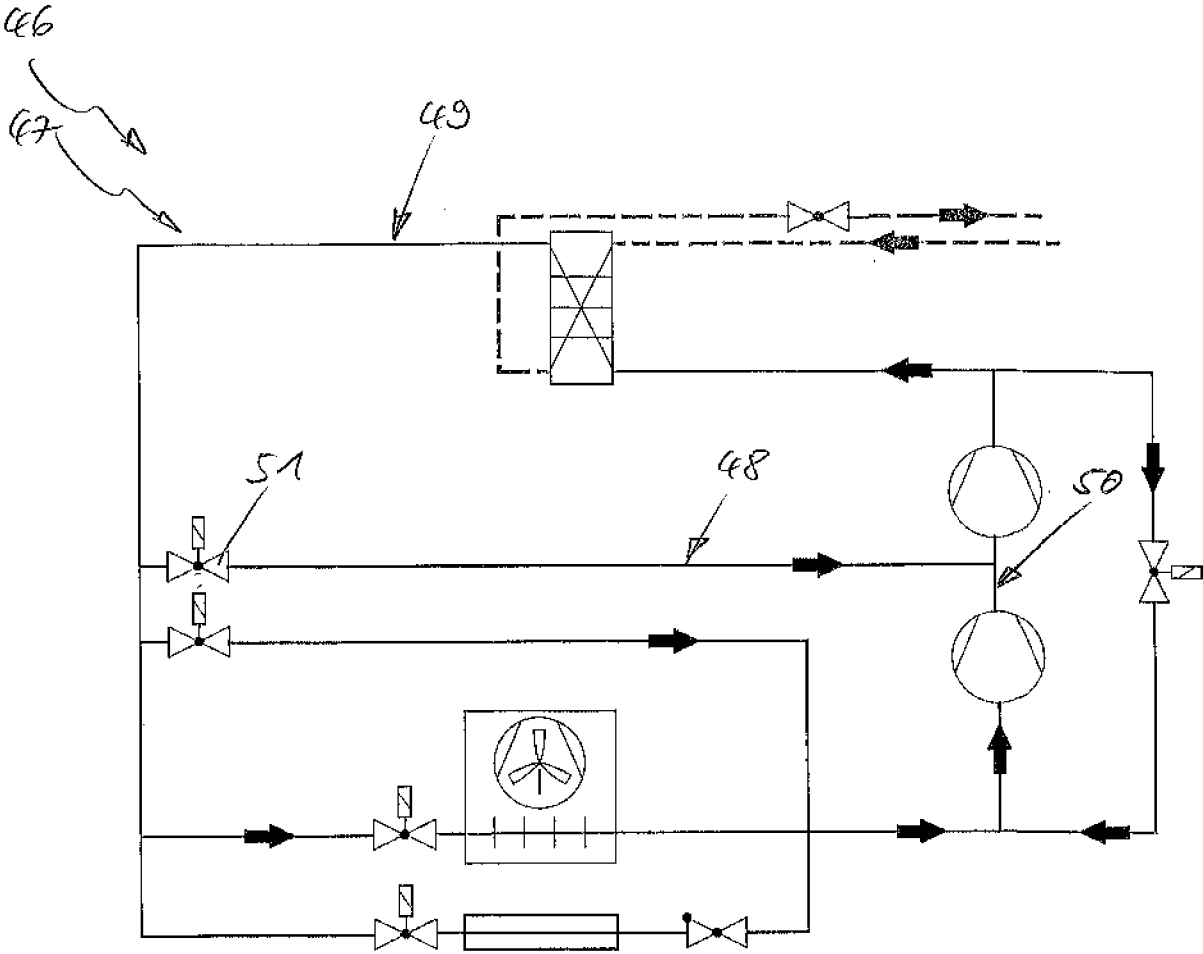


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 23 18 4052

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2021/239668 A1 (REUSCHEL DENNIS [DE] ET AL) 5. August 2021 (2021-08-05)	1, 3, 5, 7, 9, 11-21	INV. F25B1/10
Y	* Absätze [0009] - [0042]; Abbildungen 1-3 *	2, 4, 6, 8, 10	F25B5/02 F25B9/00
Y	----- JP 7 054308 B2 (ESPEC CORP) 13. April 2022 (2022-04-13) * Abbildung 2 *	2	
Y	----- US 6 374 621 B1 (BERCHTOLD ERIC D [US]) 23. April 2002 (2002-04-23) * Abbildung 3 *	2, 10	
Y	----- US 10 571 169 B2 (WEISS UMWELTECHNIK GMBH [DE]; WEISS UMWELTECHNIK [DE]) 25. Februar 2020 (2020-02-25) * Spalte 9, Zeilen 32-56; Abbildung 1 *	4	
Y	----- US 2020/264091 A1 (BLAUFELDER DAVID [DE] ET AL) 20. August 2020 (2020-08-20) * Absatz [0004]; Abbildung 2 *	6, 8	
	-----		RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (IPC)  F25B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>22. November 2023</b>	Prüfer <b>Weisser, Meinrad</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 18 4052

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

22-11-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>US 2021239668 A1</b>	<b>05-08-2021</b>	<b>CN 113280567 A</b>	<b>20-08-2021</b>
		<b>EP 3859235 A1</b>	<b>04-08-2021</b>
		<b>US 2021239668 A1</b>	<b>05-08-2021</b>
-----			
<b>JP 7054308 B2</b>	<b>13-04-2022</b>	<b>CN 111023604 A</b>	<b>17-04-2020</b>
		<b>JP 7054308 B2</b>	<b>13-04-2022</b>
		<b>JP 2020060324 A</b>	<b>16-04-2020</b>
-----			
<b>US 6374621 B1</b>	<b>23-04-2002</b>	<b>KEINE</b>	
-----			
<b>US 10571169 B2</b>	<b>25-02-2020</b>	<b>CN 108019904 A</b>	<b>11-05-2018</b>
		<b>EP 3315940 A1</b>	<b>02-05-2018</b>
		<b>EP 3511695 A1</b>	<b>17-07-2019</b>
		<b>ES 2805204 T3</b>	<b>11-02-2021</b>
		<b>ES 2939683 T3</b>	<b>26-04-2023</b>
		<b>JP 6985101 B2</b>	<b>22-12-2021</b>
		<b>JP 7014855 B2</b>	<b>01-02-2022</b>
		<b>JP 2018071966 A</b>	<b>10-05-2018</b>
		<b>JP 2020125902 A</b>	<b>20-08-2020</b>
		<b>KR 20180048391 A</b>	<b>10-05-2018</b>
<b>US 2018120003 A1</b>	<b>03-05-2018</b>		
-----			
<b>US 2020264091 A1</b>	<b>20-08-2020</b>	<b>CN 111213017 A</b>	<b>29-05-2020</b>
		<b>DE 102017216361 A1</b>	<b>14-03-2019</b>
		<b>EP 3682175 A1</b>	<b>22-07-2020</b>
		<b>JP 2020533555 A</b>	<b>19-11-2020</b>
		<b>KR 20200054953 A</b>	<b>20-05-2020</b>
		<b>SG 11202001942Q A</b>	<b>29-04-2020</b>
		<b>US 2020264091 A1</b>	<b>20-08-2020</b>
<b>WO 2019052761 A1</b>	<b>21-03-2019</b>		
-----			

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 0344397 A2 [0002]