



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 35 230 B4 2006.02.09**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 35 230.5**
 (22) Anmeldetag: **01.08.2002**
 (43) Offenlegungstag: **12.02.2004**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **09.02.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F24F 5/00 (2006.01)**
B60H 1/00 (2006.01)
B61D 27/00 (2006.01)
B64D 13/06 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH, 88161 Lindenberg, DE

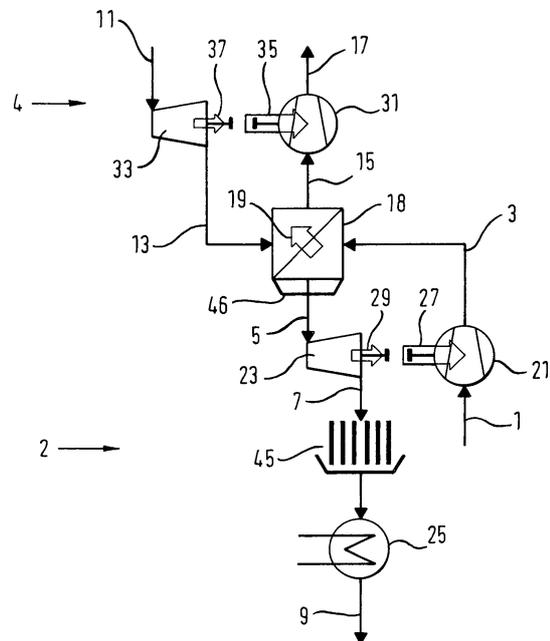
(74) Vertreter:
Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel, 80538 München

(72) Erfinder:
Andrä, Robert, Dipl.-Ing., 88161 Lindenberg, DE;
Dorkel, André, Dipl.-Ing., 88161 Lindenberg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 100 43 733 C1
DE 34 44 012 C2
DE 40 05 698 A1
US 56 28 203 A
US 38 77 246

(54) Bezeichnung: **Luftkonditionierungssystem**

(57) Hauptanspruch: Luftkonditionierungssystem mit einem ersten Kreislauf, der mindestens einen Wärmetauscher zur Abfuhr von Wärme aus dem ersten Klimakreislauf umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß der mindestens eine Wärmetauscher (18, 115, 215) zum Wärmeaustausch mit zumindest einem zweiten Klimakreislauf dient, der als offener Unterdruckprozeß (4, 61, 63, 125, 225) ausgestaltet ist, der
 – eine erste Entspannungsturbine (33, 133, 233), die dem Wärmetauscher (18, 115, 215) vorgeschaltet ist, und
 – einen ersten Verdichter (31, 131, 231), der dem Wärmetauscher (18, 115, 215) nachgeschaltet ist, umfaßt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Luftkonditionierungssystem mit einem ersten Klimakreislauf mit mindestens einem Wärmetauscher zur Abfuhr von Wärme aus dem ersten Klimakreislauf, mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruches 1, ein Luftkonditionierungssystem mit einem Klimakreislauf, der mindestens einen Wärmetauscher zur Aufnahme von Wärme durch den Klimakreislauf umfasst, gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 14, Verfahren zur Luftkonditionierung und Verwendung von Luftkonditionierungssystemen und -verfahren.

Stand der Technik

[0002] Luftkonditionierungssysteme, z. B. Klimaanlage, werden eingesetzt, um z. B. Fahrzeuge, Flugzeuge, Kältekammern oder sonstige Anwendungen zu klimatisieren und/oder zu bedrücken. Die Bedrückung kann insbesondere dazu dienen, Druckstöße aufzufangen, die bei Schienenfahrzeugen z. B. bei Tunneldurchfahrten auftreten.

[0003] Für den vorliegenden Text soll der Begriff „Konditionierung“ die Temperierung (also Kühlung oder Erwärmung), die Trocknung und/oder Bedrückung umfassen.

[0004] Für die Kühlung und Trocknung der Nutzluft werden Kaltdampfananlagen oder Zeolithtrommeln eingesetzt. Bei einer Kaltdampfanlage wird zu kühlende Luft mit Hilfe eines Zuführungsverdichters, z. B. eines Zuführungsventilators, einem ersten wärmetauschenden Element zugeführt. In dem ersten Wärmetauscher wird eine Wärmemenge abgeführt, wodurch sich die Luft abkühlt. Die abgeführte Wärmemenge wird in einem Kältemittelkreislauf einem Kältemittel zugeführt, das mit Hilfe eines Verdichters komprimiert wird und einem als Kondensator wirkenden zweiten Wärmetauscher zugeführt wird. Die dort frei werdende Kondensierungsenergie wird an einen Umgebungsluftkreislauf abgegeben. Von dem Kondensator wird das jetzt flüssige Kältemittel wieder dem ersten Wärmetauscher zugeführt, wobei es mit Hilfe eines Drosselventils entspannt wird, um wieder die Wärmemenge der vom Zuführungsventilator zugeführten Luft aufnehmen zu können, um diese zu kühlen. Der erste Wärmetauscher wirkt in dem Kältemittelkreislauf wie ein Verdampfer, da das Kältemittel die Wärmemenge als Verdampfungswärme aufnimmt. In dem Umgebungsluftkreislauf wird zur Abfuhr der Kondensierungsenergie mit Hilfe eines weiteren Verdichters, z. B. eines Ventilators, dem Kondensator Umgebungsluft zugeführt, um dort die Kondensierungsenergie aus dem Kältemittelkreislauf aufnehmen zu können. Ein solches System benötigt also zwei wärmetauschende Elemente und drei Verdichter bzw. Ventilatoren.

[0005] Andere Realisierungen zur Kühlung und Trocknung entsprechen z. B. einem geschlossenen Überdruckkreis. Hier wird die zu konditionierende Luft einem Verdichter, z. B. einem Ventilator zugeführt. Nach der Verdichtung wird die Luft einem ersten wärmetauschenden Element zugeleitet. Dort wird der Luft Wärme entzogen, um sie zu kühlen, bevor sie ggf. mit Hilfe eines elektrischen Heizers auf die Wunschtemperatur temperiert wird. Die abgeführte Wärmemenge wird in dem ersten Wärmetauscher einem geschlossenen Luft-Überdruckkreislauf zugeführt. In einem Kompressor wird die darin zirkulierende Luft komprimiert und einem zweiten Wärmetauscher zugeführt. Dort wird der komprimierten Luft des Luft-Überdruckkreislaufes eine Wärmemenge entzogen, bevor sie einer Entspannungsturbine zugeführt wird. Hier wird die Luft entspannt und wieder dem ersten Wärmetauscher zugeführt, um dort wiederum die Wärmemenge der zu kühlenden Luft aufzunehmen. Der zweite Wärmetauscher ist Teil eines Umgebungsluftkreislaufes, in dem dem Wärmetauscher mit einem Ventilator Umgebungsluft zugeführt wird, um die Wärmemenge aus dem geschlossenen Luft-Überdruckkreislauf aufzunehmen. Ein solches System unter Einsatz eines geschlossenen Überdruckkreises benötigt zumindest drei Verdichter oder Ventilatoren und zwei wärmetauschende Elemente. Zusätzlich kann es nötig sein, Leckagen in dem geschlossenen Überdruckkreis mit Hilfe eines sogenannten Make-up-Kompressors zu kompensieren, der in den geschlossenen Überdruckkreis zusätzliche Luft einbringt. Dann sind bei dem bekannten System vier Verdichter bzw. Ventilatoren notwendig.

[0006] Ein geschlossener Überdruckkreislauf bzw. ein Kältemittelkreislauf können ihre Wärme an die Umgebung nur solange abgeben, solange die Temperatur am Umgebungswärmetauscher auf Seiten des geschlossenen Überdruckkreislaufes bzw. des Kältemittelkreislaufes höher ist als auf Seiten des jeweiligen Umgebungskreislaufes.

[0007] Ein Luftkonditionierungssystem mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruches 1 ist aus US 3,877,246 bekannt.

Aufgabenstellung

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Luftkonditionierungssystem anzugeben, das kostengünstig ist und eine geringere Abhängigkeit der thermodynamischen Leistung von den Umgebungsbedingungen aufweist. Diese Aufgabe wird mit einem Luftkonditionierungssystem mit den Merkmalen des Anspruches 1 bzw. mit den Merkmalen des Anspruches 14, und einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 10 bzw. mit den Merkmalen des Anspruches 20 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche. Vorteilhafte Verwendungen sind Gegenstand der Ansprüche 23

und 24.

[0009] Das erfindungsgemäße Luftkonditionierungssystem gemäß Anspruch 1 weist als zweiten Klimakreislauf einen offenen Unterdruckprozess auf. Der Wärmetauscher des ersten Klimakreislaufes dient zum Wärmeaustausch mit diesem offenen Unterdruckprozess. Der offene Unterdruckprozess weist eine erste Entspannungsturbine, die dem Wärmetauscher vorgeschaltet ist, und einen ersten Verdichter auf, der dem Wärmetauscher nachgeschaltet ist. Umgebungsluft wird in dem erfindungsgemäßen Luftkonditionierungssystem in dem offenen Unterdruckprozess einer Entspannungsturbine zugeführt und entspannt sich dort unter Temperaturabsenkung auf einen niedrigeren Druck. Die so entspannte Luft wird dem Wärmetauscher zugeführt, um dort die von dem ersten Klimakreislauf abgegebene Wärmemenge aufnehmen zu können. Die so erwärmte Luft wird über einen Kompressor auf Umgebungsdruck verdichtet, wobei sich die Temperatur weiter erhöht.

[0010] Bei dem erfindungsgemäßen System wird also die Wärme des Wärmetauschers an die Luft des offenen Unterdruckkreislaufes abgegeben, die mit Hilfe des Verdichters vor dem Austritt verdichtet wird. Der Prozess ist also nicht auf die Temperaturdifferenz eines Wärmetauschers zur Umgebung angewiesen.

[0011] Die thermodynamische Kälteleistung ist von den Umgebungsbedingungen weitgehend unabhängig. Es besteht kaum Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen wie Temperatur oder Feuchte, wie bei den Umgebungsreisläufen bekannter Systeme, die ihre Wärme an die Umgebung nur solange abgeben, solange die Temperatur des Wärmetauschers des Umgebungsreislaufes höher ist als die der Umgebung.

[0012] Da im Unterdruckprozess die Umgebungsluft zusätzlich durch die Entspannungsturbine abgekühlt wird, wird wesentlich weniger Kühlluft benötigt. Dadurch kann der Umgebungswärmetauscher bzw. der dazu notwendige Einbauraum wesentlich kleiner ausfallen als beim Einsatz von Lüfterbatterien zur Kühlung des Wärmetauschers bei bekannten Systemen. Bei gleich bleibendem Einbauraum ist andererseits die Leistungsfähigkeit signifikant erhöht. Schließlich kann z. B. bei der Verwendung in Schienenfahrzeugen der Luftwiderstand durch die geringere umzusetzende Kühlluftmenge an der Umgebung verringert werden.

[0013] Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung umfasst der erste Klimakreislauf, der über den Wärmetauscher Wärme an den offenen Unterdruckprozess abgibt, einen offenen Überdruckkreis mit einem zweiten Verdichter zur Verdichtung zugeführter Luft, der dem Wärmetauscher vorgeschaltet ist. Dem Wärmetauscher nachgeschaltet ist eine zweite Ent-

spannungsturbine zur Entspannung der Luft auf einen niedrigeren Druck. Diese besondere Ausführungsform verbindet die Vorteile eines offenen Überdruckkreises mit den Vorteilen eines offenen Unterdruckprozesses. Der offene Überdruckkreis ist mit dem Verbraucher verbunden, z. B. dem Fahrgastraum eines Fahrzeuges. Der offene Unterdruckkreis dient zur Abfuhr der Wärme, die im Wärmetauscher von dem offenen Überdruckkreis abgegeben wird.

[0014] Der offene Überdruckkreis ermöglicht eine Bedruckung des Verbrauchers bis zum maximalen Druckverhältnis des verwendeten Verdichters. Dieser kann mehrstufig sein und somit sogar 10 bar erreichen. Der Volumendurchsatz in dem offenen Überdruckkreis ist bedingt durch die steilere Kennlinie des Verdichters im Vergleich zu einem einfachen Lüfter unabhängiger von Druckschwankungen der Umgebung. So eignet sich das System auch als Druckschutz, z. B. bei Zügen, um gegen Druckschwankungen z. B. bei Einfahrt von Hochgeschwindigkeitszügen in Tunnel, zu wirken.

[0015] Die Kombination des offenen Überdruckprozesses mit dem offenen Unterdruckprozess ermöglicht die Verringerung der notwendigen Komponenten. So sind bei dieser Ausführungsform nur zwei Verdichter bzw. Kompressoren und nur ein wärmetauschendes Element notwendig.

[0016] Aus der offenen Ausführung beider Luftkreise resultiert Unempfindlichkeit des Systems auf Leckagen.

[0017] Die überschüssige Druckerhöhung des Verdichters in dem offenen Überdruckkreis kann in der Turbine regenerativ als mechanische Energie abgezogen werden und bleibt nicht ungenutzt, wie z. B. bei einer Entspannungs-drossel in einer Kaltdampf-anlage. Zusätzlich lässt sich die Entspannungsturbine noch als zusätzliche Kühlmöglichkeit einsetzen.

[0018] Schließlich benötigt das System dieser Ausführungsform im Gegensatz z. B. zu einer Kaltdampf-anlage keinerlei Kältemittel außer Luft, wodurch die ökologische Verträglichkeit und Wartungsfreundlichkeit verbessert wird.

[0019] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung ist in dem offenen Überdruckkreis nach der Entspannungsturbine eine vorzugsweise elektrische Heizeinrichtung vorgesehen, um die Luft auf eine gewünschte Austrittstemperatur zu erhitzen und nach der Entspannung zu trocknen.

[0020] Die Entspannungsturbine des offenen Überdruckkreises kann die von ihr freigesetzte mechanische Energie an den Kompressor des offenen Überdruckkreises weitergeben, z. B. dadurch, dass die beiden Komponenten auf einer gemeinsamen Welle

angeordnet sind. Auf dieser Welle ist zusätzlich ein Antrieb vorgesehen, z. B. ein Elektromotor, um die Leistungsbilanz der Entspannungsturbine und des Kompressors auszugleichen.

[0021] Zur Trocknung der Luft im offenen Überdruckkreis kann stromabwärts der Entspannungsturbine eine Wasserabscheidevorrichtung vorgesehen sein.

[0022] Bei anderen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Luftkonditionierungssystems umfasst der erste Klimakreislauf, der seine Wärme über den Wärmetauscher an den offenen Unterdruckprozess abgibt, z. B. einen Kaldampfkreislauf bzw. Kältemittelkreislauf oder einen geschlossenen Überdruckkreislauf. Auch bei derartigen Klimaanlagenkomponenten ist die erfindungsgemäße Kombination mit einem offenen Unterdruckkreis zur Abfuhr der Wärme besonders vorteilhaft aufgrund der Unempfindlichkeit gegenüber der Umgebungstemperatur und Feuchte und der Reduzierung der Fördermenge der Umgebungsluft.

[0023] Um die von der Entspannungsturbine im offenen Unterdruckprozess freigesetzte mechanische Energie zu nutzen, ist es bei einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass diese mechanische Energie direkt an den Kompressor des offenen Unterdruckprozesses abgegeben wird. Dies kann auf einfache Weise dadurch erreicht werden, dass die Entspannungsturbine und der Kompressor auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sind. Gegebenenfalls ist auf dieser Welle noch eine Antriebseinrichtung, z. B. ein Elektromotor, angeordnet, um die mechanische Leistungsbilanz zwischen Entspannungsturbine und Kompressor auszugleichen.

[0024] Besonders vorteilhaft ist es, wenn ein erster Klimakreislauf mit zwei parallel geschalteten offenen Unterdruckkreisen kombiniert wird, die über jeweils einen Wärmetauscher mit dem ersten Kreislauf in wärmeaustauschender Wirkung verbunden sind, wobei die Wärmetauscher in dem ersten Kreislauf parallel geschaltet sind. Durch zwei parallel angeordnete offene Unterdruckkreise kann die Abfuhr der Wärme in den Wärmetauschern verbessert und somit die Effektivität erhöht werden.

[0025] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Luftkonditionierung gemäß Anspruch 10 wird die von einem Wärmetauscher eines ersten Klimakreislaufes abgegebene Wärme über einen Wärmetauscher an zumindest einen offenen Unterdruckprozess abgegeben, der einen dem Wärmetauscher nachgeschalteten ersten Verdichter und eine dem Wärmetauscher vorgeschaltete erste Entspannungsturbine umfasst.

[0026] Die Aufgabe wird auch mit einem Luftkonditionierungssystem mit den Merkmalen des Anspru-

ches 14 oder einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 20 gelöst. Ein solches erfindungsgemäßes Luftkonditionierungssystem umfasst mindestens einen Wärmetauscher zur Aufnahme von Wärme aus einem offenen Überdruckkreislauf, der einen Verdichter zur Verdichtung zugeführter Luft, der dem Wärmetauscher vorgeschaltet ist, und eine Entspannungsturbine, die dem Wärmetauscher nachgeschaltet ist, umfasst. Der offene Überdruckkreis ist z. B. mit dem Verbraucher verbunden, z. B. dem Fahrgastraum eines Fahrzeuges, und bietet die für einen offenen Überdruckkreis bereits beschriebenen Vorteile der relativen Unabhängigkeit von Druckschwankungen der Umgebung und der flexiblen Bedruckungsmöglichkeit.

[0027] Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung können zur Konditionierung von Luft in hygienisch geschlossenen Räumen, z. B. Fahrzeugen, autarken Operationsräumen oder Fahrzeugen in kontaminiertem Gebiet eingesetzt werden. Andere Einsatzmöglichkeiten sind thermisch geschlossene Räume bzw. Fahrzeuge, z. B. Schocktiefkühlkammern für Nahrungsmittel, für Kryotechnik- oder Rheumapatientenbehandlungskammern, Feuerlöschfahrzeuge, Flugzeug- oder Fahrzeugcockpits bei heißer oder kalter Umgebungstemperatur (sogar größer 40°C oder kleiner -20°C). Ein weiteres Einsatzfeld sind Trocknungskammern bzw. Geräte z. B. für empfindliche Elektronik oder Lebensmittel. Die speziell mit dem erfindungsgemäßen System bzw. dem erfindungsgemäßen Verfahren vorkonditionierte Luft kann bei mit Kältemittelanlagen nicht erreichbaren Ausblastemperaturen von kleiner als -60°C eingesetzt werden. Die Luft kann bis auf weniger als 5 g Wasserdampf pro Kilogramm getrocknet werden. Das erfindungsgemäße System bzw. das erfindungsgemäße Verfahren ermöglichen diesen Einsatz bei Umgebungs- oder Betriebstemperaturen sogar unter -80°C oder über 45°C und bei Feuchtigkeiten von 0 g pro Kilogramm Luft bis über 26 g pro Kilogramm Luft.

[0028] Erfindungsgemäße Konditionierungssysteme bzw. erfindungsgemäße Verfahren, im speziellen Ausführungsformen, bei denen ein offener Überdruckkreis zum Einsatz kommt, können vorteilhaft in druckgeschlossenen Räumen, z. B. Hochgeschwindigkeitszügen, Flugzeugen, bewohnten Räumen oder Fahrzeugen in Explosionsnähe zur Abwehr der Explosionsdruckwellen eingesetzt werden. Der Verbraucher kann mit deutlich mehr als 15 hPa bedruckt werden, die mit handelsüblichen Lüftern, Gebläsen oder Verdichtern in vernünftigen kompakten mobilen Einbauräumen nicht erreichbar sind. Außendruck-schankungen zwischen -10000 Pa und $+4000\text{ Pa}$ relativ (wie sie z. B. bei Tunnelfahrten von Hochgeschwindigkeitszügen auftreten) oder Höhenunterschiede zwischen weniger als -200 m bis mehr als $+10000\text{ m}$ über dem Meeresspiegel, wie sie z. B. bei

einem Flugprofil eines Flugzeuges auftreten können, stehen der Wirksamkeit der erfindungsgemäßen Systeme bzw. der erfindungsgemäßen Verfahren nicht entgegen.

Ausführungsbeispiel

[0029] Die Erfindung wird anhand der folgenden Figuren im Detail erläutert. Dabei zeigt:

[0030] [Fig. 1](#): in schematischer Darstellung ein erfindungsgemäßes Luftkonditionierungssystem,

[0031] [Fig. 2](#): das Enthalpie-/Entropie-Diagramm des in [Fig. 1](#) gezeigten Konditionierungssystems,

[0032] [Fig. 3](#): in schematischer Darstellung eine besondere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Luftkonditionierungssystems,

[0033] [Fig. 4](#): in schematischer Darstellung ein erfindungsgemäßes Luftkonditionierungssystem mit einem Kaltdampfkreislauf,

[0034] [Fig. 5](#): in schematischer Darstellung ein erfindungsgemäßes Luftkonditionierungssystem mit einer geschlossenen Überdruckkreislaufkomponente,

[0035] [Fig. 6](#): in schematischer Darstellung ein weiteres erfindungsgemäßes Luftkonditionierungssystem mit einem Kaltdampfkreislauf, und

[0036] [Fig. 7](#): in schematischer Darstellung ein weiteres erfindungsgemäßes Luftkonditionierungssystem mit einer geschlossenen Überdruckkreislaufkomponente.

[0037] [Fig. 1](#) zeigt den schematischen Aufbau einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems. Der offene Überdruckkreis **2** umfasst einen Kompressor **21** zur Verdichtung der zugeführten Luft **1**. Die verdichtete Luft **3** wird einem Wärmetauscher **18** zugeführt, wo ihr in noch zu beschreibender Weise die Wärmemenge **19** entzogen wird. Die so abgekühlte Luft **5** wird einer Entspannungsturbine **23** zugeführt, wo die Luft auf einen niedrigeren Druck entspannt wird, der dem Druck entspricht, den die austretende Luft haben soll. Die so entspannte Luft **7** wird einem Wasserabscheider **45** und einem elektrischen Heizelement **25** zugeführt, um die Austrittstemperatur zu wählen. Der Wasserabscheider kann durch eine Ablaufwanne **46** unter der warmen Seite des Zuluftwärmetauschers **18** ergänzt werden.

[0038] Die von der Entspannungsturbine **23** abgegebene mechanische Energie **29** kann teilweise den Energiebedarf **27** des Verdichters **21** decken. Dies kann z. B. dadurch erreicht werden, dass die Entspannungsturbine **23** und der Kompressor **21** zusammen mit dem Antriebssystem, z. B. einem Elektromotor,

auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sind.

[0039] Der offene Unterdruckprozess **4** dient dem Abführen der Wärme **19**, die von dem offenen Überdruckkreislauf **2** im Wärmetauscher **18** abgegeben wird. Umgebungsluft **11** wird einer Entspannungsturbine **33** zugeführt und dort auf einen niedrigeren Druck entspannt. Die so entspannte Luft **13** nimmt im Wärmetauscher **18** die Wärmemenge **19** auf. Die so erwärmte Luft **15** wird dem Kompressor **31** zugeführt. Dort wird die Luft auf den Umgebungsdruck verdichtet und erwärmt sich. Die so verdichtete Luft **17** wird mit der durch den Kompressor **31** erhöhten Temperatur an die Umgebung abgegeben.

[0040] Die in der Entspannungsturbine **33** frei werdende Energie **37** kann zum Antrieb des Kompressors **31** mitbenutzt werden und bildet dann einen Teil der zuzuführenden Kompressorenergie **35**. Dazu können die Entspannungsturbine **33** und der Kompressor **31** zusammen mit dem Antriebssystem, z. B. einem Elektromotor, auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sein.

[0041] In [Fig. 2](#) ist der Prozess in einem Enthalpie(H)-Entropie(S)-Diagramm dargestellt. Erkennbar sind die Isobaren P_{\max} , P_2 , P_D (Austrittsdruck), P_A (Umgebungsdruck), P_1 , P_{\min} und die Isothermen T_1 , T_2 , T_A (Umgebungstemperatur), T_{\max} , T_D (Austrittstemperatur) und T_{\min} . Die Bezugswerte der einzelnen Prozessschritte entsprechen der [Fig. 1](#).

[0042] In dem Enthalpie (H)-Entropie (S)-Diagramm ist der offene Unterdruckprozess **4** im rechten Teil erkennbar, während der offene Überdruckkreis **2** im linken Teil dargestellt ist. Der Prozess des offenen Überdruckkreises **2** beginnt bei der Umgebungstemperatur T_A . Die Luft wird dem Kompressor **21** zugeführt. Dort wird ihr die mechanische Energie **27** zugeführt, wodurch sich die Temperatur von T_A auf T_2 erhöht und der Druck sich von dem Umgebungsdruck P_A auf P_{\max} erhöht. Zwischen **3** und **5** befindet sich der Wärmetauscher **18**, durch den die Wärmemenge **19** abgeführt wird (angedeutet durch das „-“ in Klammern). Dadurch sinkt die Temperatur von T_2 auf T_1 und der Druck von P_{\max} auf P_2 . Zwischen **5** und **7** wird durch die Entspannungsturbine **23** die mechanische Energie **29** abgeführt, wodurch die Temperatur der Luft im offenen Überdruckkreis auf T_{\min} abgesenkt wird und der Druck auf den Austrittsdruck P_D fällt. Zwischen **7** und **9** wird von der elektrischen Heizeinrichtung **25** elektrische Energie zugeführt, um bei gleichbleibendem Austrittsdruck P_D die Temperatur auf die Austrittstemperatur T_D zu erhöhen. Die so konditionierte Luft wird dem Verbraucher, z. B. einer Flugzeugkabine, zugeführt.

[0043] Durch die Entspannung in der Entspannungsturbine **23** ist eine effektive Entfeuchtung im darauffolgenden Wasserabscheider **45** möglich,

während durch den elektrischen Heizer **25** die Temperatur wie gewünscht eingestellt werden kann. Durch die Einstellung der Leistung des Kompressors **21** und der Entspannungsturbine **23** kann die Austrittstemperatur und der Austrittsdruck weitgehend unabhängig von der Umgebung eingestellt werden.

[0044] In dem offenen Unterdruckprozess **4** wird die Wärmemenge **19** abgeführt, die im Wärmetauscher **18** anfällt. Startend bei **11** in **Fig. 2** wird Umgebungsluft durch die Entspannungsturbine **33** unter Abführung der mechanischen Energie **37** (wiederum dargestellt durch das „-“ in Klammern in **Fig. 2**) vom Umgebungsdruck P_A auf den niedrigeren Druck P_1 entspannt. Dabei sinkt die Temperatur von der Umgebungstemperatur T_A auf die Minimaltemperatur des Systems T_{min} . Nach der Entspannungsturbine **33** wird die Luft **13** dem Wärmetauscher **18** zugeführt, wo ihr die Wärmemenge **19** zugeführt wird, die aus dem Überdruckkreis **2** anfällt. Dabei erhöht sich die Temperatur und der Druck fällt auf den Minimaldruck des Systems P_{min} . Nach dem Wärmetauscher **18** wird die Luft **15** dem Kompressor **31** zugeführt. Dort wird mit Hilfe der mechanischen Energie **35** die Luft **15** auf den Umgebungsdruck P_A komprimiert, wobei sich die Temperatur auf T_{max} erhöht. Mit dieser Temperatur wird die Luft an die Umgebung abgegeben und auf diese Weise effektiv die Wärmemenge **19** abtransportiert.

[0045] Ein an den Überdruckkreis **2** angeschlossenes System kann auf diese Weise effektiv auf die Temperatur T_D temperiert werden, wobei T_D mit Hilfe des elektrischen Heizers **25** zwischen T_{min} und T_{max} eingestellt werden kann (entlang der Isobaren P_D). Durch die Entkopplung der zwei Kreise ist gewährleistet, dass diese Werte im wesentlichen unabhängig von der Umgebungstemperatur und dem Umgebungsdruck sind.

[0046] **Fig. 3** zeigt eine besondere Ausführungsform am Beispiel der Bodenkühlung eines Flugzeuges **65**. Erkennbar ist in schematischer Darstellung zunächst der offene Überdruckkreislauf **2**. Die Luft **1** wird durch einen Filter **41** zugeführt. Kompressor **21** und Turbine **23** sind auf einer gemeinsamen Welle gelagert, die mit einem elektrischen Antrieb **47** verbunden ist. Die Kombination des Kompressors **21**, des elektrischen Antriebes **47** und der Turbine **23** auf einer gemeinsamen Welle wird als motorisierte Aircyclemaschine **49** bezeichnet.

[0047] Die aus der Turbine austretende Luft **7** gelangt in einen Wasserabscheider **45** zur Drainage der kondensierten Wassermenge, die durch die Luftkühlung in der Entspannungsturbine **23** entstanden ist. Die ggf. mit Hilfe der Heizeinrichtung **25** auf die Austrittstemperatur T_D temperierte Luft **9** wird dem Flugzeug **65** zugeführt. Bei dem gezeigten System ist zur zusätzlichen Regelung des Druckes ein Durchfluß-

ventil **43** vorgesehen, das den Ausgang der Entspannungsturbine **23** mit dem Eingang des Kompressors **21** verbindet. Diese zusätzliche Ausgestaltung dient der weiter verbesserten Druckregelung, die ansonsten von der motorisierten Aircyclemaschine **49** bewerkstelligt wird.

[0048] Das in **Fig. 3** gezeigte System weist zwei offene Überdruckkreise **61** und **63** auf. Die von dem Kompressor abgegebene verdichtete Luft **3** wird an Punkt **8** aufgespalten und den beiden Wärmetauschern **18** zugeführt, die insofern parallel geschaltet sind. Von dort gelangen sie über den eingezeichneten schematischen Weg **5** zur Turbine **23** des offenen Überdruckkreises **2**, nachdem sie beim Punkt **6** wieder zusammengeführt worden sind. Beide Wärmetauscher **18** führen ihre Wärme an einen separaten offenen Unterdruckkreis **61**, **63** ab, der jeweils dem offenen Unterdruckkreis **4** der **Fig. 1** und **Fig. 2** entspricht, so dass auf eine separate Erläuterung verzichtet werden kann. In **Fig. 3** erkennbar ist, dass bei dieser Ausführungsform jeder der offenen Unterdruckkreise **61**, **63** eine separate motorisierte Aircyclemaschine **57** umfasst, die jeweils den Kompressor **31**, die Entspannungsturbine **33** und einen elektrischen Antrieb **53** auf einer Welle umfaßt. Die den offenen Unterdruckkreisen **61**, **63** zugeführte Luft **11** wird bei der gezeigten Ausführungsform mit Hilfe eines Filters **55** vorgefiltert.

[0049] Bei der in **Fig. 3** gezeigten Ausführungsform ist zusätzlich vorgesehen, dass das dem Wasserabscheider **45** entnommene Wasser zur zusätzlichen Kühlung der Wärmetauscher **18** eingesetzt wird, wozu die Verbindungen **51** vorgesehen sind. Die gesamte Anlage kann durch an entsprechenden Stellen in den Kreisläufen vorgesehene Temperatur- und Drucksensoren überwacht werden, die hier nicht gesondert beschrieben werden.

[0050] Ein solches System kann z. B. wie dargestellt für die Bodenkühlung eines Flugzeuges eingesetzt werden und ist z. B. auf einem Wagen transportabel gelagert.

[0051] **Fig. 4** zeigt eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform. Hier wird der offene Unterdruckprozess **125** zur Abfuhr der Wärme eines Kaltdampfkreislaufes **123** verwendet. Der offene Unterdruckprozess **125**, der zur Abfuhr der Wärmemenge **117** aus einem Kaltdampfkreislauf **123** dient, wie er mit Bezug zur **Fig. 4** geschildert wird, entspricht dem offenen Unterdruckprozess **4**, wie er mit Bezug zur Ausführungsform der **Fig. 1** beschrieben worden ist. Teilweise werden daher für Komponenten gleicher Funktion dieselben Bezugsziffern verwendet, die nicht noch einmal erläutert werden.

[0052] Luft **101** wird mit Hilfe eines Zuführungsverdichters, z. B. eines Zuführungsventilators **103**, in ei-

nem offenen Zuführungskreis **121** verdichtet und einem Wärmetauscher **105** zugeführt. In dem Wärmetauscher **105** wird die Wärmemenge **111** abgeführt, wodurch sich die Luft abkühlt. Unter dem Wärmetauscher **105** befindet sich ggf. eine Ablaufwanne **110**. Gegebenenfalls kann die Luft im Anschluß mit Hilfe eines elektrischen Heizers **107** aufgewärmt und dann entsprechend dem Pfeil **109** wieder abgeführt werden. Die Wärmemenge **111** wird in einem Kältemittelkreis bzw. Kaldampfkreislauf **123** einem Kältemittel zugeführt, das mit Hilfe eines Verdichters **113** komprimiert wird und einem Kondensator **115** zugeführt wird. Die dort freigesetzte Kondensierungsenergie **117** wird an den offenen Unterdruckprozess **125** abgegeben. Von dem Kondensator **115** wird das jetzt flüssige Kältemittel wieder dem Wärmetauscher **105** zugeführt, wobei es mit Hilfe des Drosselventils **119** entspannt wird, um wieder die Wärmemenge **111** aus dem Kreislauf **121** der zugeführten Luft aufnehmen zu können. Der Wärmetauscher **105** wirkt im Kältemittelkreislauf **123** wie ein Verdampfer, wobei das Kältemittel die Wärmemenge **111** als Verdampfungswärme aufnimmt.

[0053] Der offene Unterdruckkreislauf **125** umfasst eine Entspannungsturbine **133**, die dem Wärmetauscher **115** vorgeschaltet ist und einen Verdichter **131**, der dem Wärmetauscher **115** nachgeschaltet ist. Der offene Unterdruckprozess **125** führt die Wärmemenge **117** ab, die im Wärmetauscher **115** anfällt. Umgebungsluft **11** wird dazu einer Entspannungsturbine **133** zugeführt und dort auf einen niedrigeren Druck entspannt. Die so entspannte Luft nimmt im Wärmetauscher **115** die Wärmemenge **117** auf. Die so erwärmte Luft wird dem Kompressor **131** zugeführt. Dort wird die Luft auf den Umgebungsdruck verdichtet und erwärmt sich. Die so verdichtete Luft wird mit der durch den Kompressor **131** erhöhten Temperatur an die Umgebung abgegeben. Die in der Entspannungsturbine **133** frei werdende Energie kann zum Antrieb des Kompressors **131** mit benutzt werden, z. B. indem die Entspannungsturbine **133** und der Kompressor **131** zusammen mit den Antriebssystem, z. B. einem Elektromotor, auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sind.

[0054] [Fig. 5](#) zeigt eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform, bei der der offene Unterdruckprozess **225** zur Abfuhr der Wärmemenge **217** aus einem geschlossenen Luft-Überdruckkreislaufsystem **223** dient. Hier wird die zu konditionierende Luft **201** einem Verdichter **203**, z. B. einem Ventilator zugeführt. Nach der Verdichtung wird die Luft einem Wärmetauscher **205** zugeleitet, wo ihr die Wärme **211** entzogen wird, bevor sie mit Hilfe eines elektrischen Heizers **207** auf eine gewünschte Temperatur erwärmt wird und über **209** wieder abgegeben wird. Unter dem Wärmetauscher **205** befindet sich ggf. eine Ablaufwanne **210**. Die Wärmemenge **211** wird im Wärmetauscher **205** einem geschlossenen

Luft-Überdruckkreislauf **223** zugeführt. In einem Kompressor **213** wird die in dem Luft-Überdruckkreislauf **223** zirkulierende Luft komprimiert und einem zweiten Wärmetauscher **215** zugeleitet. Dort wird der komprimierten Luft die Wärmemenge **217** entzogen, bevor die Luft in dem geschlossenen Überdruckkreislauf der Entspannungsturbine **219** zugeführt wird. Hier wird die Luft entspannt und dem Wärmetauscher **205** zugeführt, um dort wiederum die Wärmemenge **211** aufzunehmen, die von dem Zuführungskreislauf **221** abgegeben wird. Optional kann ein sogenannter Make-up-Prozessor **216** vorgesehen sein, der den Luft-Überdruckkreislauf **223** zusätzlich bedrückt und Leckagen kompensiert, wodurch höhere Temperaturdifferenzen an den Wärmetauschern erzeugt werden können. Der Wärmetauscher **215** ist Teil eines Umgebungsluftkreislaufes **225**, der als offener Unterdruckprozess ausgestaltet ist.

[0055] Der offene Unterdruckprozess **225** entspricht wiederum dem offenen Unterdruckprozess **4**, der mit Bezug zur [Fig. 1](#) erläutert worden ist, so dass auch in [Fig. 5](#) teilweise dieselben Bezugsziffern wie bei [Fig. 1](#) zum Einsatz kommen, wenn dieselbe Funktion vorliegt. Der offene Unterdruckprozess **225** dient bei der gezeigten Ausführungsform der Abfuhr der Wärmemenge **217** aus dem geschlossenen Luft-Überdruckkreislauf **223** im Wärmetauscher **215**. Umgebungsluft **11** wird einer Entspannungsturbine **233** zugeführt und dort auf einen niedrigeren Luft entspannt. Die so entspannte Luft nimmt im Wärmetauscher **215** die Wärmemenge **217** auf. Die so erwärmte Luft wird dem Kompressor **231** zugeführt. Dort wird die Luft auf den Umgebungsdruck verdichtet und erwärmt sich, bevor die verdichtete Luft mit der durch den Kompressor **231** erhöhten Temperatur an die Umgebung abgegeben wird. Auch bei dem offenen Unterdruckprozess **225** der [Fig. 5](#) kann die in der Entspannungsturbine **233** frei werdende Energie zum Antrieb des Kompressors **231** in beschriebener Weise mit benutzt werden.

[0056] Allen oben beschriebenen Ausführungsformen ist die Unempfindlichkeit gegenüber den Umgebungstemperaturen und Feuchte und die Reduzierung der Fördermenge der Umgebungskühlluft gemeinsam. Der offene Unterdruckkreislauf dient dazu, das Einsatzspektrum der Klimaanlagekomponenten, bei den beschriebenen Beispielen eines offenen Überdruckprozesses ([Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#)), eines Kaldampfanlagenkreises ([Fig. 4](#)) oder eines geschlossenen Überdruckkreislaufes ([Fig. 5](#)), bei hohen Außentemperaturen maßgeblich zu verbessern. Durch den zusätzlichen Einsatz des offenen Unterdruckkreises am Umgebungswärmetauscher eines weiteren Klimatisierungskonzeptes kann man deren Einsatzgebiet also deutlich erweitern.

[0057] Das beschriebene erfindungsgemäße Luftkonditionierungssystem und das beschriebene erfin-

dungsgemäße Verfahren zur Luftkonditionierung eignen sich z. B. für die Bodenkühlung von Flugzeugen, aber auch für andere Anwendungen, bei denen konditionierte Luft eingesetzt wird, z. B. Kühlhäuser oder Avionik-Kühlung.

[0058] In [Fig. 6](#) ist eine Ausführungsform gezeigt, bei der die von einem offenen Überdruckkreis **122** abgegebene Wärme **111** von einem Kaltdampfkreislauf bzw. Kältemittelkreis **123** aufgenommen wird. Die Komponenten des Kältemittelkreises **123** der Ausführungsform der [Fig. 6](#) entsprechen den bereits mit Bezug zur [Fig. 4](#) beschriebenen Komponenten des Kältemittelkreislaufes **123** und sind daher mit den gleichen Bezugsziffern benannt.

[0059] Die aufgenommene Wärmemenge **111** stammt bei der Ausführungsform der [Fig. 6](#) von einem offenen Überdruckkreis **122** mit einem Verdichter **321** und einer Entspannungsturbine **323** vor einer Heizeinrichtung **325**. Die Funktionsweise des offenen Überdruckkreises **122** entspricht der Funktionsweise des offenen Überdruckkreises **2** der Ausführungsform der [Fig. 1](#), so dass teilweise ebenfalls gleiche Bezugsziffern weiterverwendet werden. In [Fig. 6](#) wurde der Übersichtlichkeit halber auf die Darstellung der Wasserabscheider **45**, **46** verzichtet, die jedoch ebenfalls vorgesehen sein können. Der Kältemittelkreislauf **123** gibt Wärme **117** in den Wärmetauscher **115** an die mit Hilfe eines Ventilators **118** zugeführte Umgebungsluft ab.

[0060] [Fig. 7](#) zeigt eine Ausführungsform, bei der die von einem offenen Überdruckkreis **222** abgegebene Wärme **211** von einem geschlossenen Überdruckkreis **223** aufgenommen wird. Die Funktionsweise und die Komponenten des geschlossenen Überdruckkreises **223** entsprechen denjenigen des geschlossenen Überdruckkreises **223** der [Fig. 5](#), so dass dieselben Bezugsziffern verwendet wurden. Die Wärmemenge **211** stammt aus einem offenen Überdruckkreis **222** mit einem Verdichter **421**, einer Entspannungsturbine **423** und einer Heizeinrichtung **425**. Wiederum entspricht der offene Überdruckkreis **222** in seiner Funktion dem offenen Überdruckkreis **2** der Ausführungsform der [Fig. 1](#), so dass teilweise dieselben Bezugsziffern verwendet werden.

[0061] Der geschlossene Überdruckkreis **223** gibt seine Wärme über den Wärmetauscher **215** an vom Ventilator **218** zugeführte Umgebungsluft ab.

[0062] Im speziellen erfindungsgemäße Systeme, die einen offenen Überdruckkreis **2**, **122**, **222** mit einer weiteren Klimaanlagekomponente **4**, **123**, **223** verbinden, sind in ihrer Zuluftmengenförderung gegenüber Außendruckschwankungen unempfindlich und vorteilhaft als Druckschutz oder zur Bedruckung eines Verbrauchers einsetzbar.

[0063] Auch mehr als zwei Klimakreisläufe können kombiniert werden. Die Erfindung umfasst also z. B. auch eine Kombination von mit einem Verbraucher verbundenen offenen Überdruckkreis, der Wärme an einen Kaltdampfkreislauf oder einen geschlossenen Überdruckkreislauf abgibt, der wiederum Wärme an einen offenen Unterdruckkreislauf weitergibt.

[0064] Im vorliegenden Text werden Bezugsziffern wie folgt für die einzelnen Elemente verwendet:

Bezugszeichenliste

1, 101, 201	zugeführte Luft
2, 121, 122, 212, 222	offener Überdruckprozess
3, 17	verdichtete Luft
4, 61, 63, 125, 225	offener Unterdruckprozess
5	abgekühlte Luft
6, 8	Luftwegverzweigung
7, 13	entspannte Luft
9, 109, 209	abgegebene Luft
11	Umgebungsluft
15	im Wärmetauscher erwärmte Luft
18, 105, 115, 205, 215	Wärmetauscher
19, 111, 117, 211, 217	im Wärmetauscher umgesetzte Wärmemenge
21, 31, 113, 131, 213, 231, 321, 421	Verdichter
23, 33, 133, 219, 233, 323, 423	Entspannungsturbine
25, 107, 207, 325, 425	Heizeinrichtung
27, 35	von einem Kompressor aufgenommene mechanische Energie
29, 37	von einer Entspannungsturbine abgegebene mechanische Energie
41, 55	Filter
43	Durchflussventil
45	Wasserabscheider
46, 110, 210	Ablaufwanne
47, 53	Wellenantrieb
49, 57	Aircyclemaschine
51	Wasserverbindung
65	Flugzeug
103, 118, 203, 218	Ventilator
119	Drosselventil
123	Kaltdampfkreislauf
216	Make-up-Prozessor (Verdichter)
223	geschlossener Überdruckkreislauf
P_D	Austrittsdruck
P_A	Umgebungsdruck
T_D	Austrittstemperatur
T_A	Umgebungstemperatur

Patentansprüche

1. Luftkonditionierungssystem mit einem ersten Kreislauf, der mindestens einen Wärmetauscher zur Abfuhr von Wärme aus dem ersten Klimakreislauf umfaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der mindestens eine Wärmetauscher (**18, 115, 215**) zum Wärmeaustausch mit zumindest einem zweiten Klimakreislauf dient, der als offener Unterdruckprozeß (**4, 61, 63, 125, 225**) ausgestaltet ist, der

- eine erste Entspannungsturbine (**33, 133, 233**), die dem Wärmetauscher (**18, 115, 215**) vorgeschaltet ist, und
- einen ersten Verdichter (**31, 131, 231**), der dem Wärmetauscher (**18, 115, 215**) nachgeschaltet ist, umfaßt.

2. Luftkonditionierungssystem nach Anspruch 1, bei dem der erste Klimakreislauf einen offenen Überdruckkreis (**2**) umfaßt, der folgendes aufweist:

- einen zweiten Verdichter (**21**) zur Verdichtung zugeführter Luft (**1**),
- einen diesem nachgeschalteten Wärmetauscher (**18**) zur Wärmeabgabe, und
- eine zweite Entspannungsturbine (**23**) zur Entspannung der Luft auf einen niedrigeren Druck (P_D).

3. Luftkonditionierungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der offene Überdruckkreis (**2**) eine der zweiten Entspannungsturbine (**23**) nachgeschaltete Heizeinrichtung (**25**) umfaßt, um die Luft auf eine gewünschte Temperatur (T_D) zu erhitzen.

4. Luftkonditionierungssystem nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß im offenen Überdruckkreis (**2**) der zweite Verdichter (**21**) und die zweite Entspannungsturbine (**23**) auf einer Welle angeordnet sind.

5. Luftkonditionierungssystem nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der zweiten Entspannungsturbine (**23**) in dem offenen Überdruckkreis (**2**) eine Wasserabscheidevorrichtung (**45**) nachgeschaltet ist.

6. Luftkonditionierungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Klimakreislauf einen Kaltdampfkreislauf (**123**) umfaßt.

7. Luftkonditionierungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Klimakreislauf einen geschlossenen Überdruckkreislauf (**223**) umfaßt.

8. Luftkonditionierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß im offenen Unterdruckprozeß (**4, 61, 63, 125, 225**) der erste Verdichter (**31, 131, 231**) und die erste Entspannungsturbine (**33, 133, 233**) auf einer Welle an-

geordnet sind.

9. Luftkonditionierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch zumindest zwei parallel geschaltete offene Unterdruckkreise (**61, 63**), die über jeweils einen Wärmetauscher (**18**) mit dem ersten Klimakreislauf (**2**) in wärmeaustauschender Weise verbunden sind, wobei die Wärmetauscher (**18**) in dem ersten Kreislauf (**2**) parallel geschaltet sind.

10. Verfahren zur Luftkonditionierung, bei dem die von einem Wärmetauscher (**18, 115, 215**) in einem ersten Klimakreislauf erzeugte Wärme (**19, 117, 217**) über einen Wärmetauscher (**18, 115, 225**) von zumindest einem offenen Unterdruckprozeß (**4, 61, 63, 125, 225**), der einen dem Wärmetauscher (**18, 115, 215**) nachgeschalteten ersten Verdichter (**31, 131, 231**) und eine dem Wärmetauscher vorgeschaltete erste Entspannungsturbine (**33, 133, 233**) umfaßt, abgeführt wird.

11. Verfahren zur Luftkonditionierung nach Anspruch 10, bei dem die über den Wärmetauscher (**18**) von dem offenen Unterdruckprozeß (**4, 61, 63**) aufgenommene Wärme (**19**) von einem offenen Überdruckkreis (**2**), der einen zweiten Verdichter (**21**), den Wärmetauscher (**18**) und eine zweite Entspannungsturbine (**23**) in dieser Reihenfolge umfaßt, stammt.

12. Verfahren zur Luftkonditionierung nach Anspruch 10, bei dem die über den Wärmetauscher (**115**) von dem offenen Unterdruckprozeß (**125**) aufgenommene Wärme (**117**) von einem Kaltdampfkreislauf (**123**) stammt.

13. Verfahren zur Luftkonditionierung nach Anspruch 10, bei dem die über den Wärmetauscher (**215**) von dem offenen Unterdruckprozeß (**225**) aufgenommene Wärme (**217**) von einem geschlossenen Überdruckkreislauf (**223**) stammt.

14. Luftkonditionierungssystem mit einem Klimakreislauf, der mindestens einen Wärmetauscher zur Aufnahme von Wärme durch den Klimakreislauf umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß der mindestens eine Wärmetauscher (**18, 105, 205**) zum Wärmeaustausch von Wärme (**19, 111, 211**) aus einem offenen Überdruckkreislauf (**2, 122, 222**) an den Klimakreislauf (**4, 61, 63, 123, 223**) dient, wobei der offene Überdruckkreislauf folgendes umfaßt

- einen Verdichter (**21, 321, 421**) zur Verdichtung zugeführter Luft (**1**), der dem Wärmetauscher (**18, 105, 205**) vorgeschaltet ist, und
- eine Entspannungsturbine (**23, 323, 423**), die dem Wärmetauscher (**18, 105, 205**) nachgeschaltet ist.

15. Luftkonditionierungssystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der offene Über-

druckkreislauf (**2, 122, 222**) eine der Entspannungsturbine (**23, 323, 423**) nachgeschaltete Heizeinrichtung (**25, 325, 425**) umfaßt, um die Luft auf eine gewünschte Temperatur zu erhitzen.

16. Luftkonditionierungssystem nach einem der Ansprüche 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß in dem offenen Überdruckkreis (**2, 122, 222**) der Verdichter (**21, 321, 421**) und die Entspannungsturbine (**23, 323, 423**) auf einer Welle angeordnet sind.

17. Luftkonditionierungssystem nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Entspannungsturbine (**23, 323, 423**) in dem offenen Überdruckkreis (**2, 122, 222**) eine Wasserabscheidevorrichtung (**45**) nachgeschaltet ist.

18. Luftkonditionierungssystem nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Klimakreislauf, der über den Wärmetauscher (**105**) zur Aufnahme von Wärme (**111**) mit dem offenen Überdruckkreis (**122**) verbunden ist, einen Kaltdampfkreislauf (**123**) umfaßt.

19. Luftkonditionierungssystem nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Klimakreislauf, der über den Wärmetauscher (**205**) mit dem offenen Überdruckkreislauf (**222**) zur Aufnahme von Wärme (**211**) verbunden ist, einen geschlossenen Überdruckkreislauf (**223**) umfaßt.

20. Verfahren zur Luftkonditionierung, bei dem die von einem Klimakreislauf (**4, 123, 223**) über einen Wärmetauscher (**18, 105, 205**) aufgenommene Wärme (**19, 111, 211**) aus zumindest einem offenen Überdruckkreislauf (**2, 122, 222**) stammt, der einen dem Wärmetauscher (**18, 105, 205**) vorgeschalteten Verdichter (**21, 321, 421**) und eine dem Wärmetauscher (**18, 105, 205**) nachgeschaltete Entspannungsturbine (**23, 323, 423**) umfaßt.

21. Verfahren zur Luftkonditionierung nach Anspruch 20, bei dem die von dem offenen Überdruckkreislauf (**122**) über den Wärmetauscher (**105**) abgegebene Wärme (**111**) von einem Kaltdampfkreislauf (**123**) aufgenommen wird.

22. Verfahren zur Luftkonditionierung nach Anspruch 20, bei dem die von dem offenen Überdruckkreislauf (**222**) über den Wärmetauscher (**205**) abgegebene Wärme (**211**) von einem geschlossenen Überdruckkreislauf (**223**) aufgenommen wird.

23. Verwendung eines Luftkonditionierungssystems nach einem der Ansprüche 1 bis 9 oder einem der Ansprüche 14 bis 19 oder eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis 13 oder einem der Ansprüche 20 bis 22 zur Konditionierung von Luft für die Bodenkühlung von Flugzeugen.

24. Verwendung eines Luftkonditionierungssystems nach einem der Ansprüche 1 bis 9 oder 14 bis 19 oder eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis 13 oder 20 bis 22 zur Bedruckung eines Verbrauchers.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

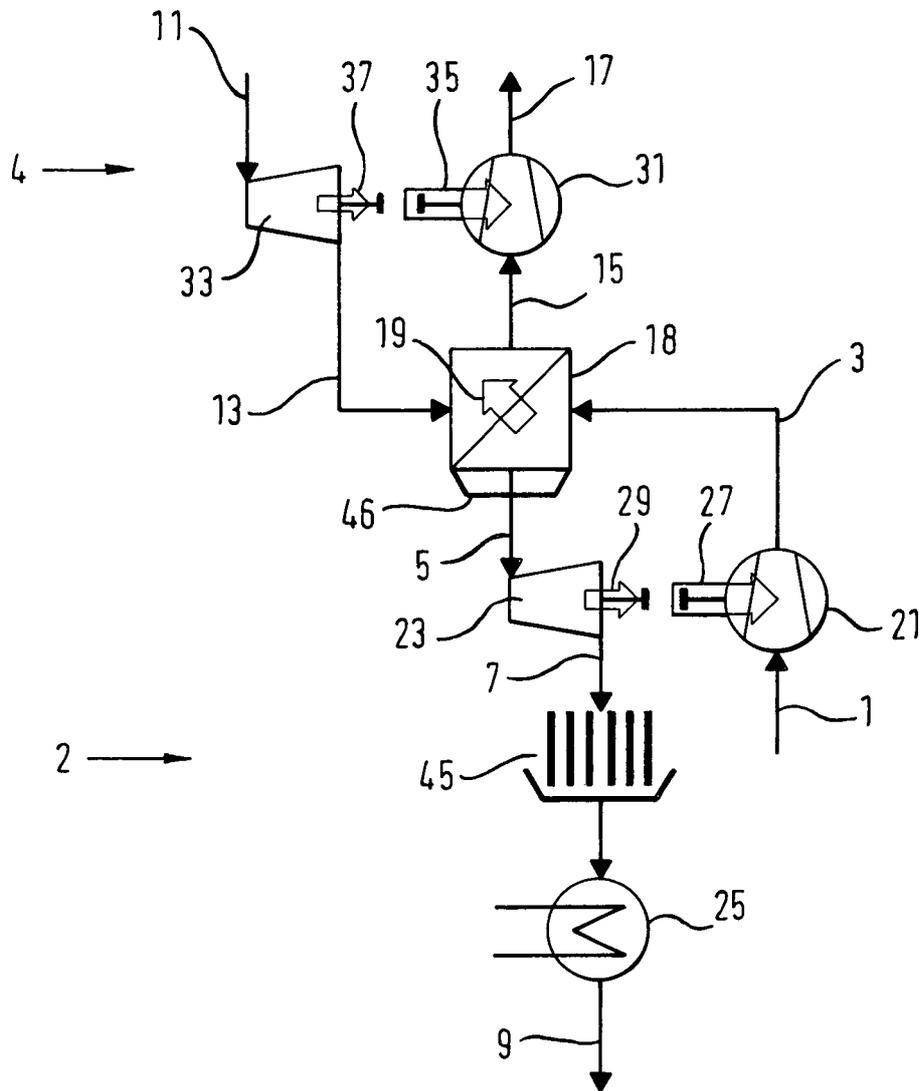


Fig. 2

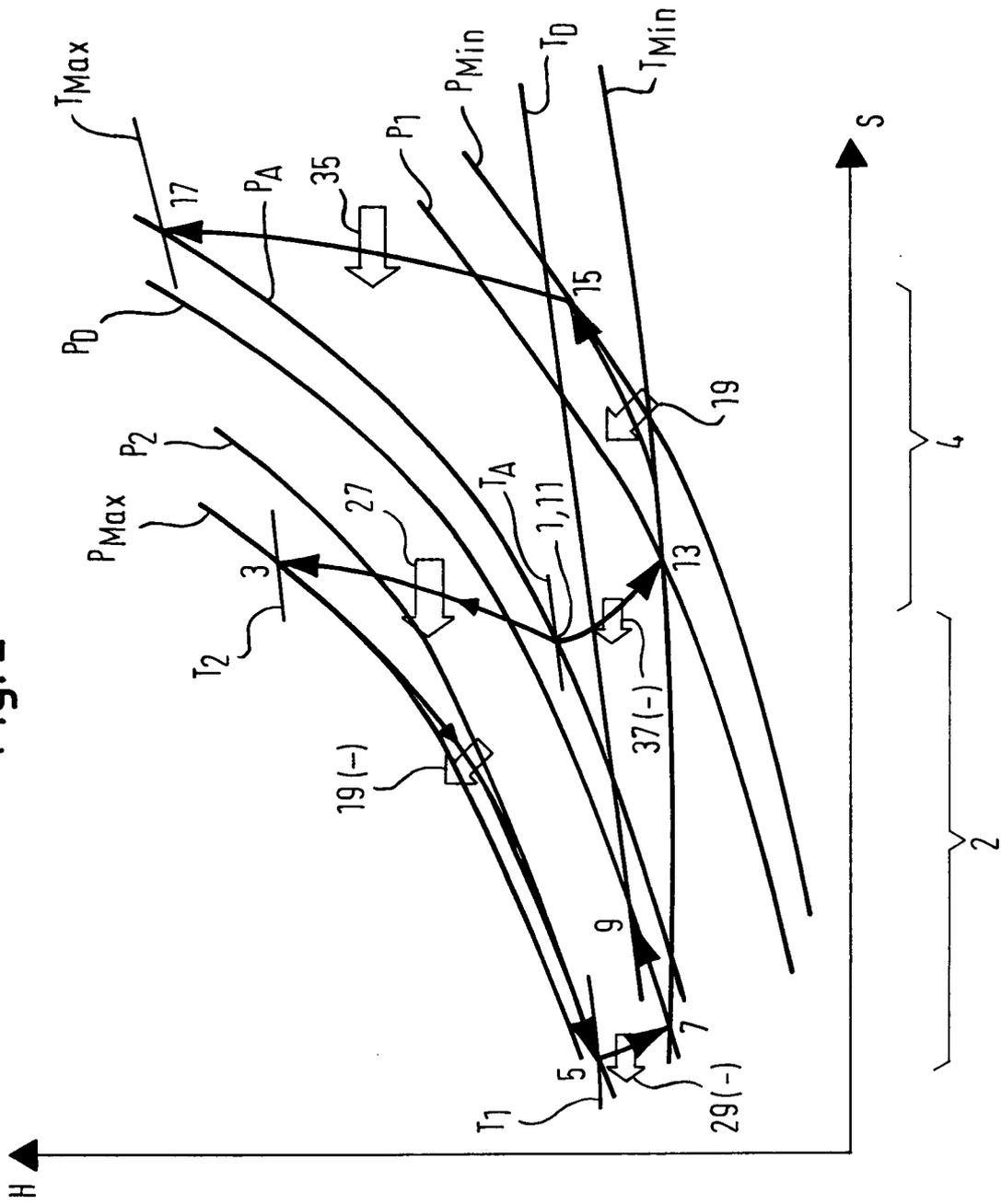


Fig. 4

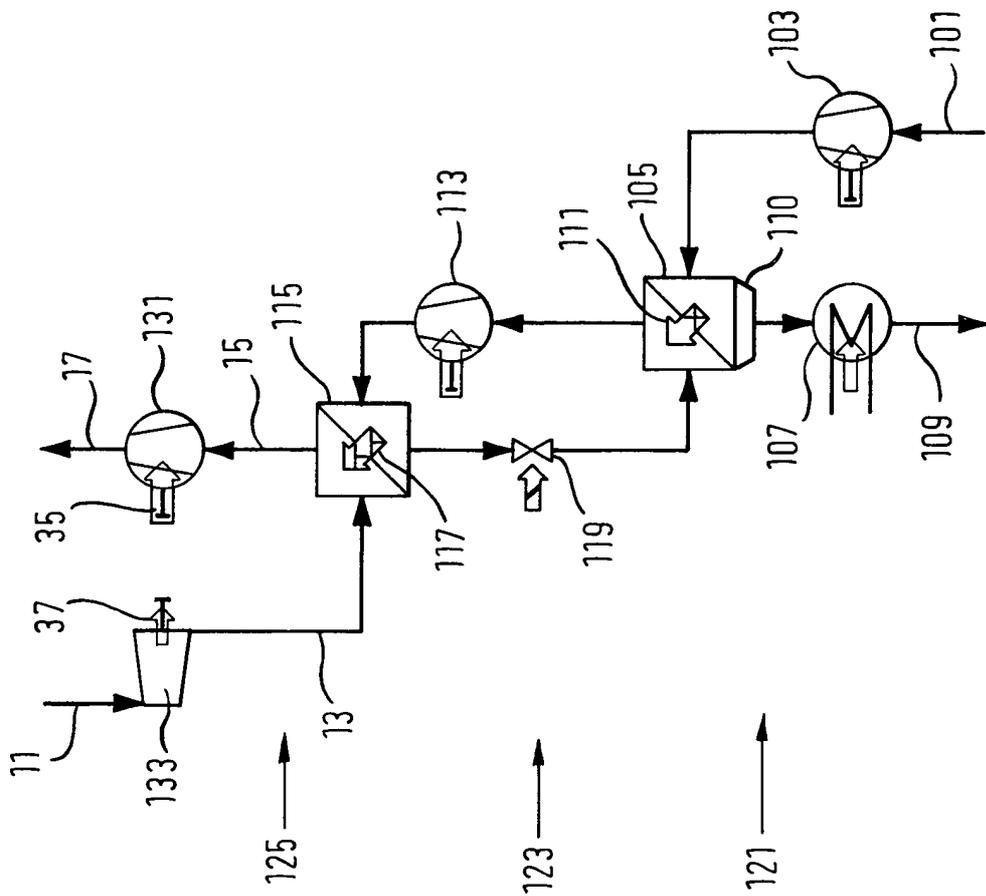


Fig. 5

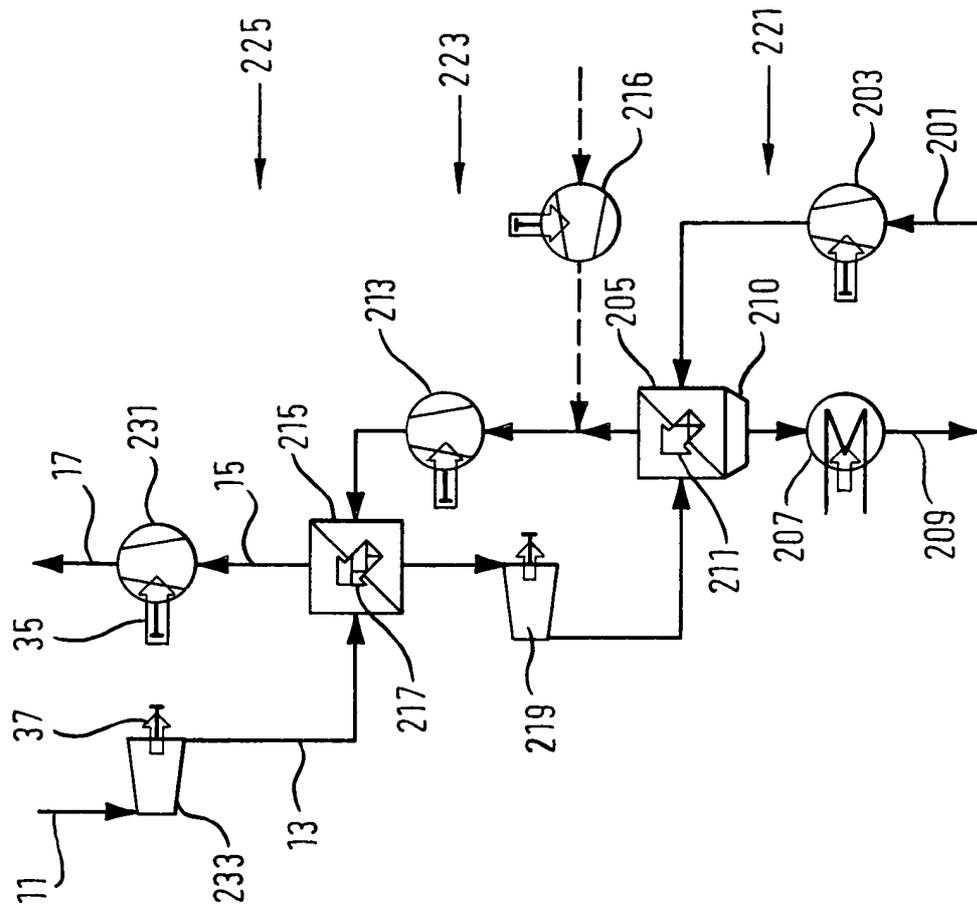


Fig. 6

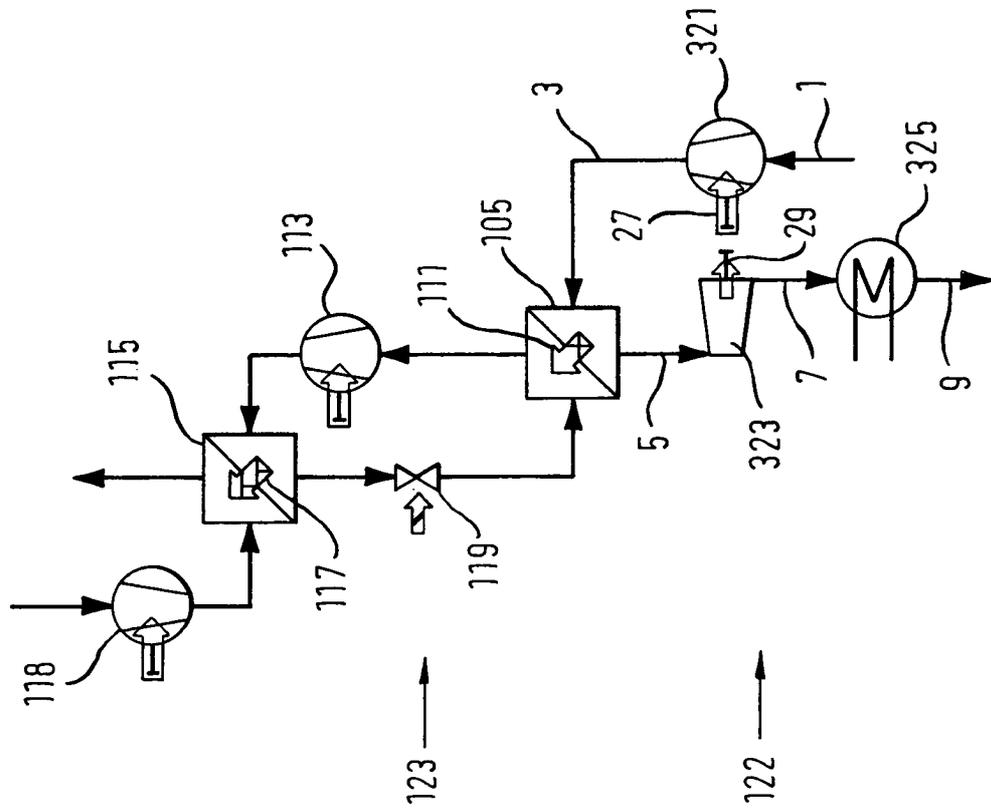


Fig. 7

