



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 08 064 T2 2004.09.02**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 099 628 B1**

(51) Int Cl.7: **B64D 13/06**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 08 064.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 403 095.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **08.11.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **16.05.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **04.02.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.09.2004**

(30) Unionspriorität:
9914147 10.11.1999 FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Dassault Aviation, Paris, FR

(72) Erfinder:
Laügt, Paul, 33127 Martignas, FR

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Hauck, Graalfs, Wehnert, Döring,
Siemons, 20354 Hamburg**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Frischluftzufuhr eines Luftfahrzeuges mit Strahlantrieb**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Versorgung eines Einlasses für frische Luft der Kabine eines von mindestens einem Strahltriebwerk angetriebenen Luftfahrzeugs, und noch genauer auf ein solches Verfahren, demzufolge aus dem Triebwerk einbehaltene Luft in einem Turboverdichter verdichtet wird, die so verdichtete Luft in einem von der in Bezug auf das Luftfahrzeug äußeren Luft durchquerten Wärmeaustauscher abgekühlt wird, ein Turbinenrad des Turboverdichters mit der derart abgekühlten Luft beschickt wird und der Einlass für frische Luft mit der aus dem Turbinenrad austretenden Luft versorgt wird.

[0002] In **Fig. 1** der angehängten Zeichnung wird eine Vorrichtung zur Versorgung der Kabine eines Luftfahrzeugs mit frischer Luft bekannter Art schematisch dargestellt. Wie dargestellt, umfasst diese Vorrichtung **1** im Wesentlichen einen Wärme-Voraustauscher **2**, einen Wärmeaustauscher **3** und einen Turboverdichter **4**, der aus einem Turbinenrad **5** und einem Verdichter **6** besteht.

[0003] Der Voraustauscher **2** ist mit einem Einlass **7** für Luft verbunden, die auf einer Stufe des Verdichters eines das Luftfahrzeug antreibenden Strahltriebwerkes einbehalten wird, wenn dieses mit seiner Reisegeschwindigkeit fliegt. Diese Luft, deren Temperatur gewöhnlich mehrere hundert Grad erreicht, wird in dem Voraustauscher **2** mittels eines Spülvorgangs mit Luft, die mittels einem eine Kammer des Austauschers versorgenden Zuluftloch **8** von außen in Bezug auf das Luftfahrzeug entnommen wird, abgekühlt, wobei die Spülungsluft durch den Auslaß **9** dieser Kammer abgeleitet wird.

[0004] Die aus dem Triebwerk stammende und aus dem Voraustauscher **2** austretende Luft ist ausreichend abgekühlt, um in den Verdichter **6** strömen zu können, der gewöhnlich in Leichtmetall ausgeführt ist. Die verdichtete, daher erwärmte Luft, die aus dem Verdichter **6** austritt, wird von Neuem in dem Austauschere **3** abgekühlt, mittels der gleichen Spülung mit zwischen dem Zuluftloch **8** und dem Auslaß **9** umlaufender Außenluft, so dass sie im Wesentlichen auf die Temperatur der Spülungsluft gelangt.

[0005] Die aus dem Austauschere **3** austretende Luft gelangt schließlich in das Turbinenrad **5**, das den Verdichter **6** antreibt. Die Entspannung der Luft in diesem Turbinenrad lässt ihre Temperatur auf einen verhältnismäßig niedrigen Wert zum Beispiel der Größenordnung von 3°C abfallen, der passend ist, den Einlass **10** für frische Luft der Kabine **11** des Luftfahrzeugs (die in **Fig. 1** teilweise schematisch angedeutet ist) zu versorgen, wobei jede Gefahr der Vereisung der Leitungen, die er durchläuft, vermieden wird.

[0006] Die in die Kabine eingespeiste 3 °C kalte Luft mischt mit sich mit der in dieser enthaltenen Luft, um sie abzukühlen. Eines oder mehrere Ventile **12**, die einen Teil eines Systems zur Druckbeaufschlagung der Kabine **11** bilden, regulieren den Luftdruck in der Kabine, indem sie einen Teil der Kabinenluft aus dieser heraus entweichen lassen.

[0007] Ein Teil des Kraftstoffverbrauchs des Strahltriebwerkes, aus dem man die Luft einbehält, die die vorstehend beschriebene Vorrichtung versorgt, ist offensichtlich mit dieser Einbehaltung verbunden. Außerdem ist der Unterschied ΔT zwischen der Temperatur der in die Kabine eintretenden Luft (etwa 3 °C) und der Temperatur der Luft in der Kabine (etwa 20 °C), beiläufig ist also $\Delta T =$ etwa 17 °C, verhältnismäßig gering und zwingt dazu, die Vorrichtung so auszulegen, dass sie der Kabine einen verhältnismäßig bedeutenden Mengenfluss an gekühlter Luft zuliefern kann, der den Raumbedarf, das Gewicht und folglich die Herstellungskosten dieser Vorrichtung in die Höhe treibt.

[0008] Aus FR-A-2 609 686 ist auch eine Anlage zur Luftkonditionierung für ein Luftfahrzeug bekannt, die Mittel zur Ausnutzung der Energie der aus der Kabine des Luftfahrzeugs austretenden Luft in dieser Anlage umfasst.

[0009] Die vorliegende Erfindung hat genau zum Ziel, ein Verfahren zur Versorgung eines Einlasses für frische Luft der Kabine eines Luftfahrzeugs bereitzustellen, das mit einer Vorrichtung bewerkstelligt werden kann, die eine Verringerung des Kraftstoffverbrauchs des Triebwerkes mit sich bringt, aus dem diese Vorrichtung verdichtete Luft einbehält, wobei diese Vorrichtung außerdem leichter, platzsparender und von billigerer Herstellung als die Vorrichtung nach dem Stand der Technik ist, die in der Einleitung der vorliegenden Beschreibung beschrieben wurde.

[0010] Dieses Ziel der vorliegenden Erfindung wird mit einem Verfahren zur Versorgung eines Einlasses für frische Luft der Kabine eines von mindestens einem Strahltriebwerk angetriebenen Luftfahrzeugs der in der Einleitung der vorliegenden Beschreibung beschriebenen Art erreicht, bei dem mechanische Energie aus Luft gewonnen wird, die aus der Kabine des Luftfahrzeugs austritt, die mechanische Energie mit Hilfe eines zweiten, mit dem ersten gekoppelten Turbinenrades in den Turboverdichter eingebracht wird und außerdem Abkühlungsenergie aus der aus der Kabine des Luftfahrzeugs austretenden Luft gewonnen wird, wobei dieses Verfahren dadurch bemerkenswert ist, dass die so gewonnene Energie mit Hilfe eines zweiten und eines dritten, jeweils in Strömungsrichtung vor und hinter dem zweiten Turbinenrad angebrachten Wärmeaustauschers, in die aus dem in Strömungsrichtung nach dem Verdichter angebrachten Austauschere austretende abgekühlte Luft eingebracht wird.

[0011] Wie man nachstehend in Einzelheiten sehen wird, erlaubt dieses Verfahren, der Kabine eine Luft mit niedrigerer Temperatur zuzuführen, die daher einen geringen Mengenfluss als den von der Vorrichtung der

Fig. 1 zugeführten aufweisen muss, zu Gunsten des Kraftstoffverbrauchs des Strahltriebwerkes aus dem die Luft einbehalten wird, und zu Gunsten des Gewichtes, des Raumbedarfs und folglich der Herstellungskosten der Vorrichtung, die dazu entworfen wurde, das erfindungsgemäße Verfahren ins Werk zu setzen.

[0012] Diese Vorrichtung, die einen Einlass für aus dem Triebwerk stammende Luft, einen Turboverdichter, umfassend ein Turbinenrad und einen von der aus dem Triebwerk stammenden Luft beschickten Verdichter, einen Austauscher, beschickt mit der aus dem Verdichter austretenden Luft, um die Luft mit Hilfe eines in Bezug auf das Luftfahrzeug äußeren Luftstroms abzukühlen, wobei der Austritt für abgekühlte Luft des Austauschers das Turbinenrad versorgt, ein zweites Turbinenrad, das mit dem ersten Rad gekoppelt ist und mit aus der Kabine des Luftfahrzeugs herausgezogener Luft versorgt wird und mit der aus der Kabine herausgezogenen Luft versorgte Mittel, um die aus dem Triebwerk stammende und aus dem Austauscher austretende Luft abzukühlen umfasst, ist dadurch bemerkenswert, dass die Mittel umfassen a) einen zweiten Wärmeaustauscher, um die aus der Kabine stammende und an das zweite Turbinenrad gelieferte Luft zu erwärmen, und um die aus dem Triebwerk stammende und aus dem ersten Austauscher austretende Luft abzukühlen, und b) einen dritten Wärmeaustauscher, um die aus dem zweiten Turbinenrad austretende Luft zu erwärmen und um die aus dem Triebwerk stammende Luft abzukühlen.

[0013] Andere kennzeichnende Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden beim Lesen der nachstehenden Beschreibung und der Überprüfung der angehängten Zeichnung ersichtlich werden, in der:

[0014] **Fig. 1** ein Schema einer Vorrichtung zur Versorgung eines Einlasses für frische Luft der Kabine eines von einem Strahltriebwerk angetriebenen Luftfahrzeugs ist, die aus dem Stand der Technik bekannt und in der Einleitung der vorliegenden Beschreibung beschrieben ist, und

[0015] **Fig. 2** ein Schema einer Vorrichtung der gleichen Art ist, die abgewandelt ist, um die Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu gewährleisten.

[0016] Es wird nun auf die **Fig. 2** der angehängten Zeichnung Bezug genommen, wo Bezugsziffern, die mit den in der **Fig. 1** verwendeten Bezugsziffern identisch sind, identische oder analoge Elemente oder Gerätschaften bezeichnen. Derart findet man in der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1'** die in der **Fig. 1** mit 2 bis 11 gekennzeichneten Elemente und Gerätschaften wieder.

[0017] Die erfindungsgemäße Vorrichtung **1'** unterscheidet sich von derjenigen der **Fig. 1** dadurch wesentlich, dass sie eigene Mittel zum Gewinnen mechanischer Energie und/oder von Abkühlungsenergie aus der Luft, die über ein Ventil zur Druckbeaufschlagung (Druckbelüftung) **12'** dieser Kabine aus der Kabine austritt, umfasst.

[0018] Man wird bei dieser Gelegenheit bemerken, dass bei der vorstehend in Verbindung mit **Fig. 1** beschriebenen Vorrichtung nach dem Stand der Technik die aus der Kabine über das Ventil **12** austretende Luft ihre gesamte Energie außerhalb der Kabine verliert, ohne dass diese Energie der Gegenstand irgendeiner Verwendung wäre.

[0019] Im Gegensatz dazu wird gemäß der Erfindung mindestens ein wesentlicher Teil dieser Energie zurückgewonnen, um die Vorrichtung **1'** funktionieren zu lassen.

[0020] Dazu wird die über das Ventil **12'** aus der Kabine austretende Luft über einen Rohrstutzen **13** in einen zweiten Wärmeaustauscher **14** befördert, wo sie mit der aus dem Austauscher **3** austretenden Luft Wärme austauscht und danach in ein zweites Turbinenrad **15** des Turboverdichters **4** übergeht, das mit dem ersten Rad **5** gekoppelt ist, wo sie sich entspannt, bevor sie einen dritten Austauscher **16** durchläuft, wo sie von neuem Wärme mit der Luft austauscht, die den Voraustauscher **2** und die Austauscher **3** und **14**, in dieser Reihenfolge, durchlaufen hat. Diese Luft entweicht schließlich nach Außen oder in einen anderen Abschnitt des Luftfahrzeugs, wie einen Frachtraum, der ebenfalls eine gewisse Konditionierung der Luft verlangt.

[0021] Auf diese Weise wird die aus dem Austauscher **3** mit einer Temperatur nahe derjenigen der von dem Zuluftloch **8** angesaugten Luft austretende Luft in dem Austauscher **14** durch die zum Beispiel mit 20°C aus der Kabine kommende Luft abgekühlt, während die letztere ihrerseits erwärmt wird, bevor sie in das Turbinenrad **15** eindringt. Diese Erwärmung erlaubt vorteilhafterweise, die von dem Turbinenrad **15** an den Verdichter **6** des Turboverdichters **4** gelieferte mechanische Arbeitsleistung auf Kosten einer entsprechenden Entspannung der Luft in dem Turbinenrad **15** zu erhöhen.

[0022] Die Entspannung der aus der Kabine **11** in das Turbinenrad **15** gelangten Luft bewirkt, diese abzukühlen. Die derart abgekühlte Luft beschickt den dritten Austauscher **16**, um dort nochmals die aus dem Triebwerk stammende Luft abzukühlen, die soeben in dem zweiten Austauscher **14** eine Abkühlung durchlaufen hat. Am Ausgang des Austauschers **16** geht die aus dem Triebwerk stammende Luft in das Turbinenrad **5** über, wo sie sich unter Abgabe mechanischer Energie an den Verdichter **6** entspannt, einer Energie, die sich zu der von dem Turbinenrad **15** gelieferten summiert. Während dieser Entspannung fällt die Temperatur der von dem Triebwerk stammenden Luft noch weiter ab, wobei diese Luft schließlich den Einlass **10** für frische Luft in die Kabine **11** versorgt.

[0023] Die aus der Kabine stammende Luft, die schließlich den Austauscher **16** durchläuft, erwärmt sich dort, um zum Beispiel die vorstehende erwähnte Konditionierung der Luft des Frachtraums zu gewährleisten. Sie kann auch einfach in den Außenraum abgelassen werden.

[0024] Es wird nun ersichtlich, dass die aus der Kabine stammende Luft mechanische Energie an den Turboverdichter **4** und Abkühlungsenergie (Kühläquivalente) an die zur Versorgung des Frischlufteinlasses der Kabine bestimmte Luft abgibt. Die derart aus der Energie der die Kabine verlassenden Luft gewonnene Energie, die sich vorher wirkungslos in dem das Luftfahrzeug umgebenden Raum verteilt hätte, erlaubt es, die Entnahme von durch das Strahltriebwerk des Luftfahrzeugs erzeugter Energie zugunsten von dessen Kraftstoffverbrauch zu verringern, was in Übereinstimmung mit dem einen der von der vorliegenden Erfindung verfolgten Zielen ist.

[0025] Als ein lediglich veranschaulichendes, nicht beschränkendes Beispiel für den Fall eines die Dimensionen vorgebenden Fluges mit Überschall-Höchstgeschwindigkeit auf der Maximalhöhe an einem warmen Tag, wobei eine Düse **8** für den Lufteintritt zur Belüftung der Austauschere **2** und **3** an den Stellen für Abzapflung zur Grenzschichtbeeinflussung des Triebwerks angebracht ist, die Luft von etwa 109 °C abgibt, gehorchen die Temperatur und der Druck der von dem Triebwerk abgegebenen Luft seit deren Austritt bis zum Eintritt **10** in die Kabine einem Gang der Art, die in der folgenden Tabelle beschrieben wird:

	Druck mb	T °C
Austritt aus dem Triebwerk	2 400	435
Austritt aus dem Voraustauscher 2	1 990	129
Austritt aus dem Verdichter 6	5 641	310
Austritt aus dem Austauscher 3	5 521	119
Austritt aus dem Austauscher 14	5 451	45
Austritt aus dem Austauscher 15	5 401	19
Eintritt in die Kabine 10	753	- 79

[0026] Aus der Überprüfung dieser Tabelle geht hervor, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung in der Lage ist, die Kabine mit Luft von etwa -79°C zu versorgen, während die in Verbindung mit **Fig. 1** beschriebene Vorrichtung nach dem Stand der Technik nur Luft von etwa 3°C liefern kann.

[0027] Diese Luft zur Abkühlung mit -79°C weist zu der Kabinenluft (von 20°C) einen Temperaturunterschied von etwa 100°C auf, wogegen der der Vorrichtung der **Fig. 1** entsprechende Unterschied etwa $20^\circ - 3^\circ = 17^\circ$ ist. Ihre Kapazität zur Abkühlung der Kabinenluft ist derart etwa 6 mal größer als diejenige der von der Vorrichtung der **Fig. 1** gelieferten Luft zur Abkühlung. Daraus folgt, dass der Mengenstrom an Luft zur Abkühlung im wesentlichen im gleichen Verhältnis sehr stark verringert werden kann, was es gestattet, den Raumbedarf, das Gewicht und die Herstellungskosten der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu verringern, alles genauso wie den mit der Einspeisung von Luft in die Vorrichtung durch den Verdichter des Triebwerks verbundenen zusätzlichen Kraftstoffverbrauch, wie man vorstehend gesehen hat.

[0028] Man wird bemerken, dass die Anordnung der Austauschere **14** und **16** so ist, dass sie jede mit dem von den Passagieren der Kabine freigesetzten Wasserdampf verbundene Vereisung derselben vermeidet (siehe die vorstehende Tabelle), was die Gesamtausbeute der verwendeten Mittel zur Kühlung erhöht.

[0029] Es ist klar, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung eine Abwandlung der Einstellung der Ventile **12'** erforderlich macht, die einen Teil des Systems zur Druckbeaufschlagung der Kabine ausmachen. Vorher konnte der Druckverlust in diesen Ventilen ohne Nachteile etwa 700 mb erreichen, also den Unterschied zwischen dem Druck in der Kabine und dem Außendruck.

[0030] Erfindungsgemäß muss diese Einstellung auf das Minimum, also zum Beispiel etwa 50 mb verringert werden, so dass die aus der Kabine austretende Luft einen möglichst hohen Druck aufweist, damit die erfindungsgemäße Vorrichtung aus dieser Luft eine maximale mechanische Energie gewinnen kann. Die Regelung des Kabinendrucks bei einer Abfallamplitude von nur 50 mb gestattet außerdem, die Genauigkeit dieser Druckeinstellung zu verbessern.

[0031] Wohlverstanden ist die Erfindung nicht auf die beschriebene und dargestellte Ausführungsform beschränkt, die nur als ein Beispiel angeboten wurde. So würde man den Umfang der Erfindung nicht verlassen, wenn man zugunsten der erfindungsgemäßen Vorrichtung lediglich mechanische Energie oder lediglich Abkühlungsenergie aus der Luft gewinnen würde, die aus der Kabine austritt. Wenn weiter die Erfindung vorstehend im Zusammenhang mit einem Luftfahrzeug beschrieben wurde, das mit Überschall-Reisegeschwindigkeiten fliegt, so ist die Erfindung genau so gut bei jedem Luftfahrzeug anwendbar, namentlich, aber nur als ein Beispiel angegeben, bei großen Unterschall-Transportflugzeugen, die dazu gedacht sind, mehrere hundert

Passagiere zu transportieren, deren starke kumulierte thermische Abstrahlung eine Vorrichtung zur Kühlung der Kabinenluft mit großer Kapazität erforderlich macht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Versorgung eines Einlasses (10) für frische Luft der Kabine (11) eines von mindestens einem Strahltriebwerk angetriebenen Luftfahrzeugs, demzufolge aus dem Triebwerk einbehaltene Luft in einem Turboverdichter (4) verdichtet wird, die so verdichtete Luft in einem ersten, von der in Bezug auf das Luftfahrzeug äußeren Luft durchquerten Wärmeaustauscher (3) abgekühlt wird, ein erstes Turbinenrad (5) des Turboverdichters (4) mit der derart abgekühlten Luft beschickt wird, der Einlass für frische Luft (10) mit der aus dem ersten Turbinenrad (5) austretenden Luft versorgt wird, mechanische Energie aus Luft gewonnen wird, die aus Kabine (11) austritt, die mechanische Energie mit Hilfe eines zweiten, mit dem ersten (5) gekoppelten Turbinenrades (15) in den Turboverdichter (4) eingebracht wird und außerdem Abkühlungsenergie aus der aus der Kabine (11) austretenden Luft gewonnen wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abkühlungsenergie in Strömungsrichtung vor dem ersten Turbinenrad (5) mit Hilfe eines zweiten (14) und eines dritten (16) jeweils in Strömungsrichtung vor und hinter dem zweiten Turbinenrad (15) angebrachten Wärmeaustauschers in die aus dem Austausch (3) austretende abgekühlte Luft eingebracht wird.

2. Vorrichtung zum Ausführen des Verfahrens nach Anspruch 1, umfassend einen Einlass (7) für aus dem Triebwerk stammende Luft, einen Turboverdichter (4), umfassend ein erstes Turbinenrad (5) und einen von der aus dem Triebwerk stammenden Luft beschickten Verdichter, einen ersten Austausch (3), beschickt mit der aus dem Verdichter (5) austretenden Luft, um die Luft mit Hilfe eines in Bezug auf das Luftfahrzeug äußeren Luftstroms abzukühlen, wobei der Austritt für abgekühlte Luft des ersten Austausch (3) das erste Turbinenrad (5) versorgt, ein zweites Turbinenrad (15), das mit dem ersten Rad (5) gekoppelt ist und mit aus der Kabine (11) herausgezogener Luft versorgt wird, mit der aus der Kabine (11) herausgezogenen Luft versorgte Mittel, um die aus dem Triebwerk stammende und aus dem ersten Austausch (3) austretende Luft abzukühlen, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel umfassen a) einen zweiten Wärmeaustauscher (14); um die aus der Kabine stammende und an das zweite Turbinenrad (15) gelieferte Luft zu erwärmen, und um in Strömungsrichtung vor dem ersten Turbinenrad (5) die aus dem Triebwerk stammende und aus dem ersten Wärmeaustauscher (3) austretende Luft abzukühlen, und b) einen dritten Wärmeaustauscher (16), um die aus dem zweiten Turbinenrad (15) austretende Luft zu erwärmen und in Strömungsrichtung vor dem ersten Turbinenrad (5) die aus dem Triebwerk stammende und aus dem ersten Austausch (3) austretende Luft abzukühlen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie außerdem einen unmittelbar mit dem Einlass (7) für aus dem Triebwerk stammende Luft verbundenen Voraustauscher (2) für Wärme umfasst, um diese Luft abzukühlen, mittels eines Spülvorgangs mit in Bezug auf das Luftfahrzeug äußerer Luft.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Luft der Kabine, die sie versorgt, aus der Kabine (11) über ein Ventil (12) austritt, das einen Teil der Systems zur Druckbeaufschlagung der Kabine (11) bildet.

5. Luftfahrzeug, ausgerüstet mit einer Vorrichtung zur Versorgung mit frischer Luft gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

FIG.1
(STAND DER TECHNIK)

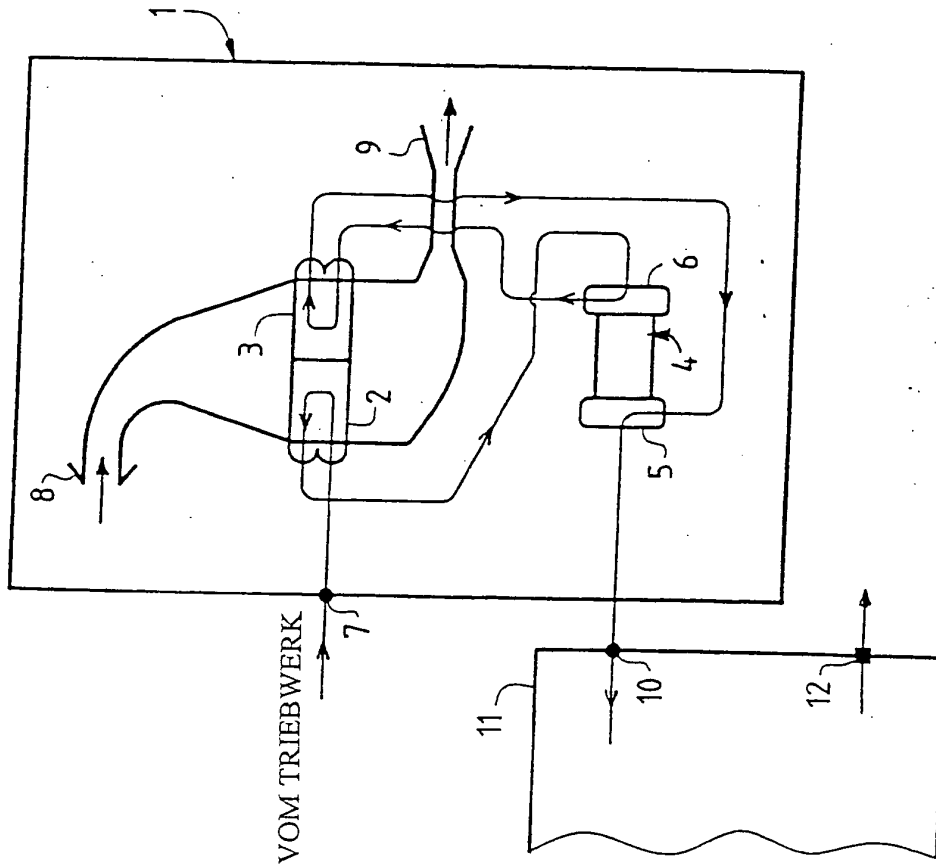


FIG.2

