



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 004 695.7**
 (22) Anmeldetag: **16.01.2008**
 (43) Offenlegungstag: **30.07.2009**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **25.10.2012**

(51) Int Cl.: **B64D 13/08 (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. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Airbus Operations GmbH, 21129, Hamburg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

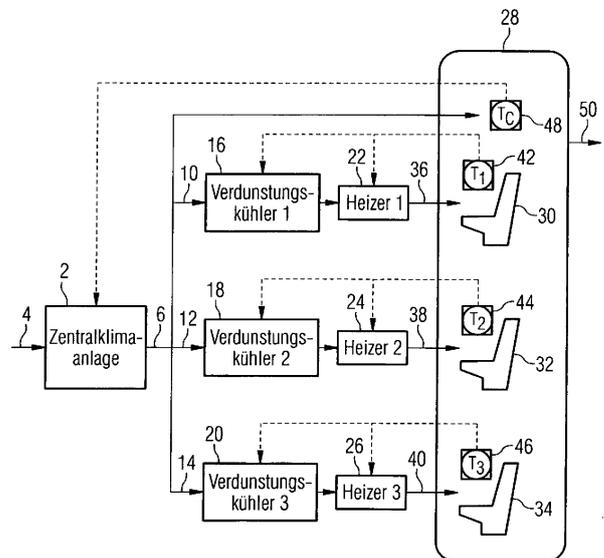
(74) Vertreter:
**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
 Rechtsanwälte, 81541, München, DE**

| | | |
|-----------|------------------------|-----------|
| DE | 10 2004 024 615 | A1 |
| US | 6 375 849 | B1 |
| US | 5 037 585 | A |
| EP | 1 604 899 | A2 |

(72) Erfinder:
Dittmar, Jan, Dr.-Ing., 21614, Buxtehude, DE;
Schumacher, Christian, Dr., 22880, Wedel, DE

(54) Bezeichnung: **Individuelle Temperierung von Luftfahrzeugkabinenbereichen durch Heizen und Verdunstungskühlung**

(57) Hauptanspruch: Klimaanlage für ein Luftfahrzeug zum individuellen Klimatisieren von Bereichen (28, 30, 32, 34) einer Kabine (28) eines Luftfahrzeuges, mit
 – einer zentralen Klimatisierungseinrichtung (2), die zum Bereitstellen eines Zentralluftstroms ausgebildet ist, der im Flug einen über dem Luftdruck außerhalb der Kabine (28) liegenden Druck und eine Ist-Temperatur (T_{gist}) aufweist;
 – einer ersten Zuführleitung (8), die dazu ausgebildet ist, einen Teil des Zentralluftstroms einem ersten Kabinenbereich (28) zuzuführen,
 – zumindest einer Abzwegleitung (10, 12, 14; 58), die dazu ausgebildet ist, einen anderen Teil des Zentralluftstroms zumindest einem weiteren Kabinenbereich (30, 32, 34) zuzuführen, und
 einer Kühleinrichtung (16, 18, 20; 60), die den Luftstrom in der zumindest einen Abzwegleitung (10, 12, 14; 58) kühlt, falls die Ist-Temperatur (T_{gist}) des Luftstroms in der Abzwegleitung (10, 12, 14; 58) höher ist als die Soll-Temperatur ($T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$) des dem jeweiligen weiteren Bereich (30, 32, 34) zuzuführenden Luftstroms, wobei die...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft das individuelle Temperieren von Bereichen einer Kabine eines Luftfahrzeuges durch Verdunstungskühlung und Heizen.

[0002] Bei Luftfahrzeugen mit einer in mehrere Bereiche unterteilten Kabine besteht allgemein der Wunsch, jeden Bereich mit einer unterschiedlichen Temperatur klimatisieren zu können. Beispielsweise kann die Economy-Klasse eine andere Temperatur als die Business-Klasse aufweisen. In einer Suite der ersten Klasse kann die Temperatur individuell einstellbar sein. Die Temperatur in der Business-Klasse wird typischerweise zentral vorgegeben. Ein Passagier kann jedoch die Temperatur in der Umgebung seines Sitzes individuell einstellen, so dass die Umgebung des Sitzes mit kälterer oder wärmerer Luft als der übrige Business-Klasse-Bereich versorgt wird. Durch die individuelle Klimatisierung von Bereichen der Kabine können auch unterschiedliche Wärmelasten in den Bereichen berücksichtigt werden.

[0003] [Fig. 5](#) stellt ein herkömmliches System zum Klimatisieren von Teilbereichen eines Luftfahrzeuges dar. Eine Zentralklimaanlage **102** wird mit einem Luftstrom **104** versorgt, der unter einen Druck gesetzt ist, der höher als der Druck außerhalb der Kabine ist. Typischerweise beträgt der Druck etwa 700 bis 800 mbar, was etwa einer Höhe von 2000 m bis 3000 m über dem Meeresspiegel entspricht. Die der Zentralklimaanlage **102** zuzuführende Luft **104** kann beispielsweise aus einer Kabine rezirkulierte Luft **136** oder Triebwerkszapfluft sein. Die Zentralklimaanlage **102** gibt einen Luftstrom **106** mit einer vorbestimmten Temperatur ab. Der Luftstrom wird in eine Mehrzahl von Leitungen **108**, **112**, **114** und **116** aufgeteilt, wo er separaten Heizeinrichtungen **118**, **120**, **122** und **124** zugeführt wird. Von der Kabinen-Heizeinrichtung **118** wird der Luftstrom **128** einer Kabine **126** zugeführt. Von der ersten Heizeinrichtung **120** wird der Luftstrom **130** einer Umgebung eines ersten Sitzes **138** zugeführt. Der von einer zweiten Heizeinrichtung **122** abgegebene Luftstrom **132** und der von einer dritten Heizeinrichtung **124** abgegebene Luftstrom **134** werden jeweils einer Umgebung eines zweiten Sitzes **140** bzw. dritten Sitzes **142** zugeführt. In der Kabine ist ein Temperatursensor **150** vorgesehen und in der Umgebung der Sitze **138**, **140** und **142** ist je ein Temperatursensor **144**, **146** und **148** angeordnet. Die Temperatursensoren **150**, **144**, **146** und **148** und eine Steuerungseinrichtung (nicht gezeigt) steuern die zugeordneten Heizeinrichtungen **118**, **120**, **122** und **124** so, dass der Kabine **126** oder den Bereichen der Sitze **138**, **140** und **142** Luft mit einer gewünschten Temperatur zugeführt wird.

[0004] Die Zentralklimaanlage **102** muss den Luftstrom **106** mit der Temperatur bereitstellen, die der niedrigsten Temperatur entspricht, die in der Kabine

126 und den Bereichen der Sitze **138**, **140** und **142** gewünscht ist. Wird in einem der Bereiche der Sitze **138**, **140** und **142** eine Temperatur gewünscht, die wesentlich niedriger als die in der Kabine **126** gewünschte Temperatur ist, muss die Heizeinrichtung **118** für die Kabine viel Energie aufwenden, um den Luftstrom **108** auf die gewünschte Temperatur zu bringen. Ist die Heizeinrichtung **118** eine elektrische Heizeinrichtung, muss diese relativ viel elektrische Energie aufwenden. In einem Luftfahrzeug sind Verbraucher, die viel elektrische Energie verbrauchen, unerwünscht, da die elektrische Energie relativ aufwendig und mit relativ hohen Verlusten aus Rotationsenergie der Turbinen gewonnen werden muss. Alternativ hierzu kann die Heizeinrichtung **118** Trimmventile aufweisen, die Triebwerkszapfluft zuführen. Das erfordert jedoch relativ große Zapfluftkanäle, die durch die Kabine geführt werden müssen. Dies ist unerwünscht, da zusätzlicher Raum für die Zapfluftkanäle benötigt wird und die Masse des Luftfahrzeuges steigt.

[0005] Die DE 10 2004 024 615 A1 offenbart eine Befeuchtungsvorrichtung, die eine individuelle Befeuchtung der Luft einer Kabine eines Flugzeuges ermöglicht und ein aus einer Auslassdüse in die Kabine auszustößendes Konditionierfluid bereitstellt. Als eine Komponente enthält das Konditionierfluid Wasser, das an einem Einsprühort in enger räumlicher Zuordnung zur Auslassdüse versprüht wird. Um eine unerwünschte lokale Abkühlung der Kabinenluft aufgrund der Verdampfung des versprühten Wassers zu vermeiden, enthält das Konditionierfluid einen zur Auslassdüse geleiteten Luftstrom, in den das Wasser eingesprüht wird. Der Luftstrom wird dabei dem Einsprühort mit einer Temperatur zugeführt, die um ein festgelegtes Maß über einer gewünschten Wirktemperatur des Luftstroms nach der Auslassdüse liegt.

[0006] Die US 6,375,849 B1 schlägt vor, dass in einem Luftfahrzeug Leitungswasser gefiltert, verdampft und in eine Trimmleitung eines Klimatisierungssystems eingesprüht wird. Heiße Luft mit hoher Feuchtigkeit tritt aus der Trimmleitung in eine Kabine des Luftfahrzeuges ein.

[0007] Die EP 1 604 899 A2 beschreibt eine Verdampferanordnung für ein Klimasystem eines Flugzeuges. Ein Verdampfer der Anordnung kann aus einem saugfähigen, porösen anorganischen Material gebildet sein.

[0008] Die US 5 037 585 A offenbart ein Luftfahrzeugklimaanlagensystem, bei dem heiße Luft zu einer Luftbefeuchtungseinrichtung zirkuliert, in der mittels eines Ultraschallwasserzerstäubers Wasser zur heißen Luft zugeführt wird.

[0009] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Klimaanlagensystem zum individuellen Klima-

tisieren von Bereichen einer Kabine eines Luftfahrzeuges zu schaffen.

[0010] Die Aufgabe wird durch ein Klimaanlage nach Anspruch 1 und ein Verfahren nach Anspruch 13 gelöst.

[0011] Ein beispielhaftes Klimaanlage für ein Luftfahrzeug zum individuellen Klimatisieren von Bereichen einer Kabine eines Luftfahrzeuges umfasst eine Kühleinrichtung, in der Wasser in einen Luftstrom verdunstet, der im Flug einen über dem Luftdruck außerhalb der Kabine liegenden Druck aufweist, um einen einem Bereich der Kabine zuzuführenden Luftstrom zu kühlen. Die Temperatur des Luftstroms, in den das Wasser verdunstet, kann höher als die Temperatur außerhalb der Kabine sein. Das Wasser kann in den dem Bereich zuzuführenden Luftstrom verdunsten. Das Wasser kann in einen Luftstrom verdunsten, der nicht einem Bereich einer Kabine eines Luftfahrzeuges zugeführt wird.

[0012] Das Klimaanlage kann in beliebigen Flughöhen und bei beliebigen Außentemperaturen einsetzbar sein. Auf Reiseflughöhe eines typischen Luftfahrzeuges herrschen Außentemperaturen von etwa -30°C bis etwa -50°C . Heutige Luftfahrzeuge fliegen typischerweise in einer Reiseflughöhe von etwa 9000 bis etwa 11000 m. Der Druck des Luftstroms für die Kabine kann etwa 700 bis etwa 800 mbar betragen, was einer Höhe von etwa 2000 m bis 3000 m über dem Meeresspiegel entspricht.

[0013] Die Luft kann jedoch einen beliebigen Druck aufweisen, bei dem ein Mensch ohne zusätzliches Atmungsgerät atmen kann. Die auf einer Verdunstungskühlung basierende Kühleinrichtung kann auch bei diesen Reiseflughöhen verwendet werden, da sie von den Umgebungsbedingungen außerhalb der Kabine unabhängig ist.

[0014] In einem Luftfahrzeug ist die Luft relativ trocken. Somit kann die Luft relativ viel Wasser aufnehmen, wodurch eine relativ starke Abkühlung erreicht wird.

[0015] Der einem Bereich der Kabine zuzuführende Luftstrom kann von einer zentralen Klimatisierungseinrichtung bereitgestellt werden. Es ist auch möglich, dass der einem Bereich der Kabine zuzuführende Luftstrom diesem Bereich entnommen wird, in der Kühleinrichtung durch die Verdunstungskühlung gekühlt wird und anschließend wieder diesem Kabinenbereich zugeführt wird. Es ist auch möglich, eine Heizeinrichtung vorzusehen, die den dem Bereich der Kabine zuzuführenden Luftstrom erwärmt, falls ein Heizen und kein Kühlen des Luftstroms erwünscht ist. Der dem Bereich der Kabine zuzuführende Luftstrom kann durch ein Gebläse dem Bereich entnom-

men werden und nach einem Temperieren wieder dem Bereich zugeführt werden.

[0016] Die Kühleinrichtung kann so ausgebildet sein, dass zur Kühlung Wasser in den dem Bereich der Kabine zuzuführenden Luftstrom verdunstet. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass der der Kabine zuzuführende Luftstrom befeuchtet wird, was den Komfort der Passagiere erhöhen kann.

[0017] Ein Klimaanlage für ein Luftfahrzeug zum individuellen Klimatisieren von Bereichen einer Kabine eines Luftfahrzeuges weist eine zentrale Klimatisierungseinrichtung auf, die einen Zentralluftstrom bereitstellt, der im Flug einen Druck, der höher als der Luftdruck außerhalb der Kabine ist, und eine Ist-Temperatur von T_{glist} aufweist. Das Klimaanlage umfasst eine erste Zufuhrleitung, die dazu ausgebildet ist, einen Teil des Zentralluftstroms einem ersten Kabinenbereich zuzuführen. Eine Abzweigleitung des Klimaanlage ist dazu ausgebildet, einen anderen Teil des Zentralluftstroms für zumindest einen weiteren Kabinenbereich abzuzweigen. Das Klimaanlage umfasst ferner die zuvor beschriebene Kühleinrichtung. Die Kühleinrichtung kühlt den Luftstrom in der zumindest einen Abzweigleitung, falls die Ist-Temperatur T_{glist} des Luftstroms in der Abzweigleitung höher ist als die Soll-Temperatur $T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$ des dem jeweiligen weiteren Bereich zuzuführenden Luftstroms.

[0018] Vorzugsweise umfasst das Klimaanlage ferner eine Heizeinrichtung. Die Heizeinrichtung erwärmt den Luftstrom in der zumindest einen Abzweigleitung, falls die Ist-Temperatur des Luftstroms in der Abzweigleitung niedriger ist als die Soll-Temperatur $T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$ des dem jeweiligen weiteren Bereich zuzuführenden Luftstroms.

[0019] Die Abzweigleitung kann einen Teil des Zentralluftstroms der Kühleinrichtung zuführen. An die Kühleinrichtung kann eine Mehrzahl von Verteilleitungen angeschlossen sein, die den aus der Kühleinrichtung austretenden Luftstrom aufteilen und die je einen Luftstrom einer Heizeinrichtung zuführen. An die Heizeinrichtung kann eine Leitung angeschlossen sein, die den aufgeteilten Luftstrom jeweils einem einer Mehrzahl von Kabinenbereichen zuführt. In diesem Fall wird ein Teil des Zentralluftstroms einem ersten Kabinenbereich zugeführt. Ein anderer Teil des Zentralluftstroms wird der Kühleinrichtung zugeführt, von wo er einer Mehrzahl von Heizeinrichtungen zugeführt wird. Von jeder der Heizeinrichtungen wird je ein Luftstrom einem weiteren Kabinenbereich zugeführt.

[0020] Eine Mehrzahl von Abzweigleitungen kann einen Teil des Luftstroms von der zentralen Klimatisierungseinrichtung abzweigen und je einen abgezweigten Luftstrom einer Kombination aus Heizein-

richtung und Kühleinrichtung zuführen. Eine einer Mehrzahl von Kabinenbereichszuführleitungen führt jeweils den Luftstrom aus der Kombination aus Heizeinrichtung und Kühleinrichtung einem Kabinenbereich zu. Bei dieser Ausgestaltung können in jeder Zuführleitung für einen Kabinenbereich eine Kühleinrichtung und eine Heizeinrichtung seriell oder parallel angeordnet sein.

[0021] Der erste Kabinenbereich und die weiteren Kabinenbereiche können voneinander separat sein. Die weiteren Kabinenbereiche können sich jedoch auch zumindest teilweise im ersten Kabinenbereich befinden. Dem ersten Kabinenbereich kann immer die von der Zentralklimaanlage abgegebene Luft mit der Ist-Temperatur T_{glist} zugeführt werden, ohne dass diese durch eine Kühleinrichtung oder eine Heizeinrichtung läuft. Die Heizeinrichtungen können ein Trimmventil aufweisen, durch das Triebwerkszapfluft zugeführt wird. Die Heizeinrichtungen können auch elektrische Heizeinrichtungen sein. Die zentrale Klimatisierungseinrichtung kann zumindest teilweise rezirkulierte Luft und/oder Zapfluft verwenden. Warme Triebwerkszapfluft kann in einem Flugzeug mit einer Turbine mit besonders niedrigen Energieverlusten bereitgestellt werden. Die Triebwerkszapfluft ist komprimierte Außenluft, die sich beim Komprimieren auf eine Temperatur erwärmt, die höher als die Temperatur eines einem Kabinenbereich zuzuführenden Luftstroms ist. Folglich muss die Triebwerkszapfluft gekühlt werden, was zu Energieverlusten führt. Da üblicherweise die Zapfluft dem Triebwerkskompressor entnommen wird, geht Energie in Form von Schub verloren. Alternativ kann statt Zapfluft von einem elektrischen Kompressor verdichtete Luft verwendet werden, wodurch allerdings noch höhere Energieverluste entstehen.

[0022] Es versteht sich, dass auch rezirkulierte Luft verwendet werden kann, was besonders niedrige Energieverluste mit sich bringt. Die zentrale Klimatisierungseinrichtung kann auf diese Weise warme und/oder unter Druck gesetzte Luft mit besonders niedrigen Energieverlusten bereitstellen. Die Kabinenluft kann auch rezirkuliert werden, falls das Volumen der von außerhalb der Kabine zugeführten Luft nicht ausreicht, um eine stabile Ventilation der Kabine zu erreichen.

[0023] Das Klimaanlagensystem kann ferner eine Steuerungseinrichtung umfassen, die die zentrale Klimatisierungseinrichtung derart steuert, dass die von ihr abgegebene Luft eine Ist-Temperatur T_{glist} aufweist, die im Wesentlichen der Soll-Temperatur $T_{z\text{csoll}}$, $T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$ des Kabinenbereichs entspricht, der den größten Luftvolumenstrom benötigt. Wie zuvor erwähnt wurde, kann die zentrale Klimatisierungseinrichtung warme Luft bei einem relativ niedrigen Energieverlust bereitstellen. Da die Ist-Temperatur T_{glist} des von der zentralen Klimatisie-

rungseinrichtung abgegebenen Luftstroms im Wesentlichen der Soll-Temperatur des Kabinenbereichs entspricht, der den größten Luftvolumenstrom benötigt, kann das Klimaanlagensystem insgesamt mit einer niedrigen Verlustleistung betrieben werden. Wie eingangs erwähnt, ist es unerwünscht, dass den Heizeinrichtungen Triebwerkszapfluft als Trimmluft zugeführt wird, da hierzu separate Leitungen mit einem relativ großen Querschnitt und ein Ventil erforderlich sind. Die zusätzlichen Leitungen und das Ventil erhöhen die Masse des Luftfahrzeuges und sind somit unerwünscht. Ferner bringt eine lokale Heizung durch Trimmluft Sicherheitsprobleme und Isolationsprobleme aufgrund der hohen Temperatur der Trimmluft mit sich.

[0024] Elektrische Heizeinrichtungen sind bevorzugt, da diese keine Zapflutzuführleitungen benötigen. Somit steht mehr Raum für andere Komponenten des Luftfahrzeuges zur Verfügung. Die elektrischen Heizeinrichtungen haben den Nachteil, dass die hierzu benötigte elektrische Energie lediglich mit einer relativ großen Verlustleistung erzeugt werden kann. Da jedoch die elektrischen Heizeinrichtungen nur einen relativ kleinen Luftvolumenstrom heizen müssen, ist beim erfindungsgemäßen Klimaanlagensystem der Gesamtenergieverbrauch niedriger als bei dem zuvor beschriebenen Klimaanlagensystem des Standes der Technik. Eine elektrische Heizeinrichtung ist beispielsweise in kleinen Teilbereichen der Kabine leichter zu integrieren und bringt nicht das zuvor erwähnte Sicherheitsrisiko von heißer Trimmluft mit sich.

[0025] Die Heizeinrichtung kann eine Brennstoffzelle sein.

[0026] Die Steuerung bzw. Regelung des Klimaanlagensystems derart, dass die zentrale Klimatisierungseinrichtung einen Luftstrom mit einer Ist-Temperatur T_{glist} abgibt, die im Wesentlichen der Soll-Temperatur des Kabinenbereichs entspricht, der den größten Luftvolumenstrom benötigt, kann aus energetischer Sicht suboptimal sein. Das heißt, eine solche Steuerung bzw. Regelung könnte nicht zum niedrigsten Gesamtenergieverbrauch führen, wenn auch die Energieverluste berücksichtigt werden. Jedoch entsteht dadurch eine vereinfachte Systemarchitektur, die ein niedrigeres Gewicht aufweist, einen kleineren Einbauraum benötigt und eine höhere Zuverlässigkeit aufweist. Somit kann diese Systemarchitektur unter Umständen das geeignetere Konzept sein.

[0027] Die Steuerungseinrichtung kann die zentrale Klimatisierungseinrichtung, die zumindest eine Kühleinrichtung und die zumindest eine Heizeinrichtung so steuern, dass der Gesamtenergieverbrauch des Klimatisierungssystems minimal ist. Bei dem Gesamtenergieverbrauch wird der Energieverlust be-

rücksichtigt, der beim Bereitstellen der warmen Luft oder beim Erwärmen von Luft entsteht. Bei dieser Ausgestaltung der Erfindung kann es erforderlich sein, dass jeder Luftstrom gekühlt und beheizt werden kann, also auch der dem ersten Bereich zuzuführende Luftstrom. Energieverluste entstehen beispielsweise durch das Umwandeln von Rotationsenergie in elektrische Energie. Ferner entstehen Energieverluste beim Abkühlen der Triebwerkszapfluff mit einer Temperatur von etwa 150°C bis etwa 200°C auf eine zur Klimatisierung der Luftfahrzeugskabine geeignete Temperatur.

[0028] Das Klimaanlage system stellt den einem Bereich der Kabine zuzuführenden Luftstrom nicht notwendigerweise mit der gewünschten Soll-Temperatur der Luft in der Kabine bereit, sondern mit der Temperatur bereit, die erforderlich ist, um die gewünschte Soll-Temperatur des Bereichs zu erreichen bzw. zu halten. Je nach Wärmelast durch die Passagiere und technische Einrichtungen, beispielsweise elektronische Einrichtungen, liegt die einem Bereich zuzuführende Luft zwischen etwa 0°C bis etwa 10°C unter der Soll-Temperatur des Bereichs.

[0029] Die zentrale Klimatisierungseinrichtung kann ein sogenanntes Pack sein. Dem Pack wird Triebwerkszapfluff zugeführt, die die zuvor erwähnte Temperatur von etwa 150°C bis etwa 200°C aufweist. Die Triebwerkszapfluff kann durch Stauluff gekühlt werden. Die Triebwerkszapfluff kann auch mehrere Entspannungs- und/oder Kompressionszyklen durchlaufen. Die Triebwerkszapfluff kann auch mehrmals in Wärmetauschern, beispielsweise durch Stauluff, gekühlt werden. Die Verwendung von Stauluff erhöht den Luftwiderstand des Flugzeuges, d. h. den Energieverlust beim Klimatisieren eines Bereichs der Kabine. Die vom Pack bereitgestellte Luft dient auch als Wärmesenke für rezirkulierte Luft. Die Temperatur des vom Pack bereitgestellten Luftstroms richtet sich üblicherweise nach der erforderlichen Kühlleistung in einem Bereich der Kabine, dem der Luftstrom zugeführt wird. Ferner erhöhen der bzw. die Wärmetauscher im Pack die Masse des Luftfahrzeuges und erhöhen den Druckverlust, beispielsweise aufgrund von Reibung, in der Stauluff und in dem vom Pack zu temperierenden Luftstrom.

[0030] Trimmfluff ist Triebwerkszapfluff, die am Pack vorbeigeleitet wird, beispielsweise durch ein Bypass-Ventil, und somit wird die Trimmfluff nicht gekühlt. Die Trimmfluff kann mit niedrigeren Energieverlusten als die vom Pack bereitgestellte Luft bereitgestellt werden, da keine Energieverluste aufgrund der Kühlung im Pack entstehen. Die Trimmfluff erhöht aber auch die vom Kompressor der Turbine bereitzustellende Zapfluffmenge und somit auch den Verlust an Schub.

[0031] Die zu minimierende Energie umfasst beispielsweise zum einen die zum Erzeugen der heißen

Triebwerkszapfluff aufgewandte Energie, die zum Kühlen der Triebwerkszapfluff aufgewandte Energie und/oder die zum Rezirkulieren der Kabinenluft aufgewandte Energie. Dies ist die Energie, die erforderlich ist, um warme Luft durch die zentrale Klimatisierungseinrichtung bereitzustellen. Zum anderen umfasst die zu minimierende Energie die für die Verdunstungskühlung erforderliche Energie, beispielsweise die für das Bereitstellen des Wassers erforderliche Energie. Ferner umfasst die zu minimierende Energie die für die Heizeinrichtungen notwendige Energie. Bei einer elektrischen Heizeinrichtung ist der von der Heizeinrichtung verbrauchte Strom und der bei der Stromerzeugung entstehende Energieverlust zu berücksichtigen. Bei einer Heizeinrichtung mit Trimmventilen ist die zum Erzeugen der heißen Triebwerkszapfluff bzw. Trimmfluff aufgewandte Energie zu berücksichtigen.

[0032] Die zum Erzeugen der heißen Triebwerkszapfluff aufgewandte Energie bewirkt einen Verlust an Schub. Dieser entsteht dadurch, dass der Kompressor des Triebwerks Außenluft ansaugt, verdichtet und dem Klimaanlage system bereitstellt. Die heiße Triebwerkszapfluff kann, wie zuvor beschrieben, dem Pack bereitgestellt werden und/oder als Trimmfluff verwendet werden. Die zu minimierende Energiebilanz kann auch die zum Komprimieren der Außenluft erforderliche Energie zum Bereitstellen der Zapfluff umfassen. Dabei sind auch die Verluste im Pack aufgrund der Wärmetauscher und/oder der Entspannungs- und Kompressionszyklen im Pack zu berücksichtigen. Ferner kann der Energieverlust aufgrund der Luftwiderstandserhöhung des Luftfahrzeuges durch die Verwendung von Stauluff berücksichtigt werden. Es kann auch das Gewicht des mitzuführenden Wassers zum Kühlen des der Kabine zuzuführenden Luftstroms berücksichtigt werden. Im Allgemeinen kann kalte Luft nur mit höheren Energieverlusten als warme Luft bereitgestellt werden.

[0033] Ist die Soll-Temperatur des einem Kabinenbereich zuzuführenden Luftstroms niedriger als die Ist-Temperatur des von der zentralen Klimatisierungseinrichtung abgegebenen Luftstroms, kann der Luftstrom in der Kühleinrichtung gekühlt werden. Dies erfolgt durch Verdunstung, um möglichst wenig Energie beim Kühlen zu verbrauchen. Herkömmliche Verfahren umfassen die Kühlung von Luft mit einem Kühlmittel in einem Wärmetauscher oder die Zumischung von kalter Luft in lokalen Mischern. Die Verwendung eines Kühlmittels und eines Wärmetauschers ist relativ aufwendig. Ferner entstehen dabei aufgrund des Wirkungsgrades der Wärmetauscher und des Kühlkreislaufes Energieverluste. Da das Kühlmittel in einem Kreislauf geführt wird, sind eine Zuflussleitung und eine Abflussleitung erforderlich. Die Zumischung von kalter Luft in einem lokalen Mischer erfordert eine zusätzliche zentrale Klimaanlage zum Erzeugen der kalten Luft. Ferner sind Zulei-

tungen für die Kaltluft zu den lokalen Mischern erforderlich, die normalerweise einen relativ großen Querschnitt aufweisen müssen.

[0034] Da in der Kühleinrichtung Wasser in den Luftstrom verdunstet, verursacht die Kühleinrichtung keine oder relativ wenig Energieverluste. Da auch hiermit der Gesamtenergieverbrauch inklusive Energieverluste reduziert wird, kann der höhere technische Aufwand aufgrund der Kühleinrichtungen gerechtfertigt sein. Ist der Kabinenbereich, der den größten Luftvolumenstrom benötigt, beispielsweise konstruktiv, aufgrund seiner Größe und/oder seiner Wärmelasten, vorbestimmt, können die Kühleinrichtung und die Heizeinrichtung in der Kabinenbereichsluftzuführung für diesen Kabinenbereich entfallen. Dadurch wird die Masse des Luftfahrzeuges reduziert.

[0035] Die Kühleinrichtung kann Wasser in den Luftstrom sprühen. Die Kühleinrichtung kann mittels Ultraschall Wasser in den Luftstrom vernebeln. In der Kühleinrichtung kann Wasser aus einem porösen Material in den Luftstrom verdunsten. Ferner kann in der Kühleinrichtung Wasser an einer Membran in den Luftstrom verdunsten. Zur Kühlung des dem Bereich der Kabine zuzuführenden Luftstroms kann auch eine Blasensäule im Wasser verwendet werden. Es ist denkbar, dass Wasser zur Verdunstung durch Druckluft zerstäubt werden kann. Zur Erzeugung einer Verdunstungskälte kann ein mit Wasser benetzter Körper mit einer großen Oberfläche verwendet werden. Zur Benetzung kann sich der Körper in einem Wasserbad bewegen oder drehen oder der Körper kann mit Wasser betropft oder benetzt werden.

[0036] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum individuellen Klimatisieren eines Bereichs einer Kabine eines Luftfahrzeuges durch Kühlen eines einem Bereich der Kabine zuzuführenden Luftstroms durch Verdunsten von Wasser in einen Luftstrom, der im Flug unter einen Druck gesetzt ist, der höher als der Luftdruck außerhalb der Kabine ist. Das Wasser kann in den dem Bereich der Kabine zugeführten Luftstrom verdunsten.

[0037] Der Druck des Luftstroms kann die zuvor erwähnten Werte zwischen etwa 700 bis etwa 800 mbar aufweisen. Das Verfahren kann wie das zuvor beschriebene Klimaanlage-System weitergebildet sein.

[0038] Der Luftstrom kann vor dem Kühlen dem Kabinenbereich entnommen werden, dem er nach dem Kühlen zugeführt wird. Der entnommene Luftstrom kann bedarfsweise durch eine Heizeinrichtung erwärmt werden, bevor er dem Bereich wieder zugeführt wird.

[0039] Das Verfahren kann folgende Schritte aufweisen:

- Bereitstellen eines Luftstroms, der im Flug unter einen Druck gesetzt ist, der höher als der Luftdruck außerhalb der Kabine ist,
- Temperieren des unter Druck gesetzten Luftstroms auf eine Ist-Temperatur T_{glist} ,
- Zuführen des temperierten Luftstroms mit der Ist-Temperatur T_{glist} zu einem ersten Kabinenbereich,
- Bereitstellen des temperierten Luftstroms mit der Ist-Temperatur T_{glist} zumindest einem weiteren Kabinenbereich, und
- Kühlen des dem zumindest einen weiteren Kabinenbereich bereitgestellten Luftstroms durch Verdunsten, bevor er dem jeweiligen weiteren Kabinenbereich zugeführt wird, falls die Solltemperatur $T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$ des dem jeweiligen weiteren Bereich zuzuführenden Luftstroms niedriger als die Ist-Temperatur T_{glist} ist.

[0040] Das Verfahren kann ferner das Erwärmen des dem zumindest einen weiteren Kabinenbereich bereitgestellten Luftstroms aufweisen, bevor er dem jeweiligen weiteren Kabinenbereich zugeführt wird, falls die Solltemperatur $T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$ des dem jeweiligen weiteren Bereich zuzuführenden Luftstroms höher als die Ist-Temperatur T_{glist} ist.

[0041] Das Verfahren kann bei einer ersten Ausgestaltung den temperierten Luftstrom mit der Ist-Temperatur T_{glist} , der den weiteren Kabinenbereichen zugeführt wird, auf die niedrigste Soll-Temperatur T_{sollmin} aller Solltemperaturen $T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$ der weiteren Bereiche temperieren. Der Luftstrom mit der Solltemperatur T_{sollmin} wird in eine Mehrzahl von Luftströmen aufgeteilt, die je einem weiteren Kabinenbereich zugeordnet sind. Die aufgeteilten und je einem weiteren Kabinenbereich zuzuführenden Luftströme werden auf die jeweilige Soll-Temperatur $T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$ erwärmt, falls die Soll-Temperatur des dem jeweiligen Kabinenbereich zuzuführenden Luftstroms höher als die niedrigste Soll-Temperatur T_{sollmin} aller Solltemperaturen $T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$ der weiteren Bereiche ist. Bei dieser Ausgestaltung ist lediglich eine Kühleinrichtung vorhanden, die die Luft für die weiteren Bereiche kühlt.

[0042] Bei einer anderen Ausgestaltung wird der temperierte Luftstrom in eine Mehrzahl von Luftströmen aufgeteilt, die je einem weiteren Kabinenbereich zugeführt werden. Zumindest ein temperierter Luftstrom mit der Ist-Temperatur T_{glist} , der zumindest einem weiteren Kabinenbereich zugeführt wird, wird auf die Soll-Temperatur $T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$ des dem jeweiligen weiteren Kabinenbereich zuzuführenden Luftstroms abgekühlt, falls die Soll-Temperatur des dem jeweiligen weiteren Bereich zuzuführenden Luftstroms niedriger als die Ist-Temperatur T_{glist} ist. Zumindest ein temperierter Luftstrom mit der Ist-Temperatur T_{glist} , der zumindest einem weiteren Kabinenbereich zugeführt wird, wird auf die Soll-Tempera-

tur T_{z1soll} , T_{z2soll} , T_{z3soll} des dem weiteren Kabinenbereich zuzuführenden Luftstroms erwärmt, falls die Soll-Temperatur des dem jeweiligen weiteren Bereich zuzuführenden Luftstroms höher als die Ist-Temperatur T_{gist} ist. Die den weiteren Bereichen zuzuführende Luft wird zuerst aufgeteilt und dann, wie zuvor beschrieben, fallweise gekühlt oder erwärmt. Bei beiden Ausgestaltungen können sich die weiteren Bereiche separat vom ersten Kabinenbereich befinden. Die weiteren Bereiche können auch Teilbereiche des ersten Kabinenbereichs sein.

[0043] Die Ist-Temperatur T_{gist} des unter Druck gesetzten Luftstroms kann im Wesentlichen der Soll-Temperatur T_{czsoll} , T_{z1soll} , T_{z2soll} , T_{z3soll} des Kabinenbereichs entsprechen, der den größten Luftvolumenstrom benötigt. Wie zuvor erwähnt wurde, können dadurch der Energieverbrauch und insbesondere die Energieverluste reduziert werden. Die Ist-Temperatur T_{gist} des unter Druck gesetzten Luftstroms kann im Wesentlichen so gewählt sein, dass der Gesamtenergieverbrauch minimal ist. Beim Gesamtenergieverbrauch wird der Energieverlust berücksichtigt, der beim Bereitstellen warmer Luft, Erwärmen von Luft und Kühlen von Luft entsteht. Bei dieser Ausgestaltung der Erfindung kann es erforderlich sein, dass jeder Luftstrom gekühlt und erwärmt werden kann, also auch der dem ersten Bereich zuzuführende Luftstrom.

[0044] Wasser, das in einen einer Kabine eines Luftfahrzeuges zugeführten Luftstrom verdunstet, kann zum Kühlen des der Kabine zugeführten Luftstroms verwendet werden. Der Luftstrom kann von der zuvor beschriebenen zentralen Klimatisierungseinrichtung bereitgestellt werden und einen Druck höher als der Druck außerhalb der Kabine aufweisen. Der gekühlte Luftstrom kann einem oder mehreren Bereichen einer Kabine zugeführt werden. Der gekühlte Luftstrom kann einer Kabine mit nur einem Bereich zugeführt werden. Der gekühlte Luftstrom kann wie zuvor beschrieben zum Klimatisieren von Bereichen der Kabine eines Luftfahrzeuges verwendet werden.

[0045] Die Erfindung wird jetzt unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen detaillierter beschrieben, wobei

[0046] **Fig. 1** eine Ausführungsform des Klimaanlage systems zeigt, bei der dem Bereich, der den größten Luftvolumenstrom benötigt, Luft direkt aus einer zentralen Klimatisierungseinrichtung zugeführt wird, und jede Zuführleitung zu einem weiteren Bereich eine Kühleinrichtung und eine Heizeinrichtung aufweist;

[0047] **Fig. 2** eine Ausführungsform zeigt, bei der jede Zuführleitung zu einem Bereich der Kabine eine Kühleinrichtung und eine Heizeinrichtung aufweist;

[0048] **Fig. 3** eine Ausführungsform zeigt, bei der die weiteren Bereichen zugeführten Luftströme von einer gemeinsamen Kühleinrichtung gekühlt werden;

[0049] **Fig. 4** ein Mollier-h-x-Diagramm zeigt; und

[0050] **Fig. 5** ein Klimatisierungssystem des Standes der Technik zeigt.

[0051] Üblicherweise ist eine Kabine eines Luftfahrzeuges in mehrere Bereiche eingeteilt, die als Zonen mit einer individuellen Soll-Temperatur betrachtet werden. Jede Zone kann eine eigene Temperaturregelung oder Temperaturregelung umfassen. Die Soll-Temperaturen der Bereiche unterscheiden sich üblicherweise nur geringfügig. Jedoch können sich die Wärmelasten in den Bereichen beispielsweise aufgrund der Passagierdichte und der Anzahl von Verlustwärme abgebenden Geräten stark unterscheiden. Die Soll-Temperaturen des einem Bereich zuzuführenden Luftstrahls sind von den Wärmelasten im jeweiligen Bereich abhängig und unterscheiden sich folglich stark. Bereiche mit hohen Wärmelasten erfordern dementsprechend, dass Luft mit einer niedrigeren Soll-Temperatur zugeführt werden muss.

[0052] **Fig. 1** zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, bei der dem Kabinenbereich, der den größten Luftvolumenstrom benötigt, Luft direkt aus einer zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** zugeführt wird, ohne dass diese durch eine zusätzliche Kühleinrichtung oder Heizeinrichtung gekühlt bzw. erwärmt wird. Einer zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** wird ein Luftstrom **4** zugeführt, der Triebwerkszapfluft und/oder aus einer Kabine **28** rezirkulierte Luft **50** aufweisen kann. Beim Austritt aus der zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** weist der Luftstrom **6** einen höheren Luftdruck als die Luft außerhalb der Kabine auf. Der Luftstrom **6** wird über eine erste Kabinenzuführleitung in die Kabine **28** zugeführt. In der Kabine befinden sich weitere, individuell zu klimatisierende Bereiche, die die Umgebung je eines Sitzes **30**, **32** und **34** bilden. Der Luftstrom **6** wird mit einer zweiten Zuführleitung **10** einer ersten Kühleinrichtung **16** und einer ersten Heizeinrichtung **22** zugeführt, bevor er als individuell klimatisierter Luftstrom **36** in die Umgebung des ersten Sitzes **30** eintritt. Dem zweiten Sitz **32** und dem dritten Sitz **34** wird ebenfalls über eine Zuführleitung **12** bzw. **14**, eine Kühleinrichtung **18** bzw. **20** und eine Heizeinrichtung **24** bzw. **26** individuell klimatisierte Luft zugeführt. Die einer Zuführleitung zugeordnete Heizeinrichtung und Kühleinrichtung können seriell oder parallel angeordnet sein.

[0053] In der Kühleinrichtung verdunstet Wasser in den Luftstrom, der durch die Kühleinrichtung verläuft. In der Kühleinrichtung kann das Wasser in den Luftstrom durch eine Düse eingesprüht werden. Die Düse kann eine Ultraschall-Düse sein. Alternativ hierzu kann durch Ultraschall ein Wassernebel erzeugt wer-

den. Dabei wird durch Ultraschall über einer Wasseroberfläche ein Nebel erzeugt, dessen Tröpfchen im Luftstrom verdunsten. Ferner kann in einem porösen Material oder einer Schüttung enthaltenes Wasser in den Luftstrom verdunsten. Ein Trägermaterial mit einer großen Oberfläche wird mit Wasser benetzt, das von der Oberfläche in den Luftstrom verdunstet. Die Verdunstung kann auch durch eine Membran erfolgen. Dabei verdunstet das Wasser vom flüssigen Zustand von einer Seite der Membran in den Luftstrom auf der anderen Seite der Membran. Zur Kühlung des dem Bereich der Kabine zuzuführenden Luftstroms kann auch eine Blasensäule im Wasser verwendet werden.

[0054] Es ist denkbar, dass Wasser zur Verdunstung durch Druckluft zerstäubt werden kann. Zur Erzeugung einer Verdunstungskälte kann ein mit Wasser benetzter Körper mit einer großen Oberfläche verwendet werden. Zur Benetzung kann sich der Körper in einem Wasserbad bewegen oder drehen oder der Körper kann mit Wasser betropft oder benetzt werden. Es ist auch denkbar, dass die Verdunstung an einer wärmeübertragenden Fläche erfolgt. Dabei wird in einem Luft-Luft-Wärmetauscher an einer wärmeübertragenden Fläche im ersten von zwei Luftströmen Wasser verdunstet. Dadurch wird dieser Luftstrom befeuchtet und folglich gekühlt. Zusätzlich wird aufgrund der wärmeübertragenden Fläche dem zweiten Luftstrom Wärme entzogen, ohne dessen Wasserbeladung zu erhöhen. Dieser zweite Luftstrom kann einem Kabinenbereich zugeführt werden.

[0055] Das für die Verdunstung in den Kühleinrichtungen **16**, **18**, **20** benötigte Wasser kann in Tanks gespeichert werden, die befüllbar sind, und/oder es kann Kondenswasser aus einer beliebigen Klimatisierungseinrichtung im Luftfahrzeug gesammelt werden. Kann das Wasser zur Kühlung nicht an Bord gewonnen oder zurückgewonnen werden, muss es mitgeführt werden, was das Gewicht erhöht und Platz beansprucht. Dadurch entsteht auch ein Energieverlust, der berücksichtigt werden kann. Das Wasser könnte auch von einer oder mehreren Brennstoffzellen stammen, beispielsweise nach der Kondensation des Brennstoffzellenabgases an der kalten Außenhaut des Luftfahrzeuges. Das Wasser kann auch durch Kondensation von Luft, beispielsweise von aus der Kabine austretender Luft, an der kalten Außenhaut des Luftfahrzeuges gewonnen werden.

[0056] Bei dieser Ausführungsform benötigt die Kabine **28** den größten Luftvolumenstrom. Ein erster Temperatursensor **48** misst die Ist-Temperatur T_{cist} in der Kabine **28**. Eine Steuerungseinrichtung (nicht gezeigt) vergleicht die Ist-Temperatur T_{cist} mit der Soll-Temperatur T_{csoll} in der Kabine **28**. Die Steuerungseinrichtung berechnet daraus die Soll-Temperatur T_{zcsoll} des über die erste Zuführleitung **8** in die Kabine **28** zuzuführenden Luftstroms. Die zentrale Klimati-

sierungseinrichtung **2** wird so gesteuert, dass die Ist-Temperatur T_{gist} des von ihr abgegebenen Luftstroms im Wesentlichen der Soll-Temperatur des der Kabine **28** zuzuführenden Luftstroms entspricht.

[0057] Der zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** kann rezirkulierte Luft **50** und/oder Triebwerkszapfluft zugeführt werden. Diese Warmluftquellen können die warme Luft bei einem besonders niedrigen Energieverlust bereitstellen. Die Klimaanlage des Standes der Technik weisen auch in der Leitung zum Kabinenbereich, der den größten Luftvolumenstrom benötigt, eine elektrische Heizeinrichtung auf. Elektrische Energie lässt sich in einem Luftfahrzeug nur mit einem relativ hohen Energieverlust erzeugen. Folglich benötigt das erfindungsgemäße Klimaanlage insgesamt weniger Energie als ein Klimaanlage des Standes der Technik.

[0058] Bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 1** befindet sich ein zweiter Kabinenbereich in der Umgebung des ersten Sitzes **30**, ein dritter Kabinenbereich in der Umgebung des zweiten Sitzes **32** und ein vierter Kabinenbereich in der Umgebung des dritten Sitzes **34**. Der zweite, dritte und vierte Kabinenbereich können sich jedoch auch vom ersten Kabinenbereich **28** getrennt befinden.

[0059] In der Umgebung des ersten Sitzes **30** wird die Ist-Temperatur T_{1ist} von einem zweiten Temperatursensor **42**, die Ist-Temperatur T_{2ist} in der Umgebung des zweiten Sitzes **32** von einem dritten Temperatursensor **44** und die Ist-Temperatur T_{3ist} in der Umgebung des dritten Sitzes **34** von einem vierten Temperatursensor **46** erfasst. Der Umgebung des ersten Sitzes **30** wird die Soll-Temperatur T_{1soll} , der Umgebung des zweiten Sitzes **32** die Soll-Temperatur T_{2soll} und der Umgebung des dritten Sitzes **34** die Soll-Temperatur T_{3soll} zugewiesen. Die Soll-Temperaturen in der Umgebung der Sitze **30**, **32** und **34** können zentral oder individuell für jeden Sitz, beispielsweise durch eine im Sitz eingebaute Einstelleinrichtung, vorgegeben werden.

[0060] Der Umgebung des ersten Sitzes **30** sind die erste Kühleinrichtung **16** und die erste Heizeinrichtung **22** zugeordnet. Über eine erste Abzweigung **10** wird der Kühleinrichtung **16** und der Heizeinrichtung **22** Luft zugeführt, die über eine zweite Zuführleitung **36** in die Umgebung des ersten Sitzes **30** eintritt. Eine Steuerungseinrichtung (nicht gezeigt) bestimmt aus der durch den zweiten Temperatursensor **42** ermittelten Ist-Temperatur T_{1ist} und der Soll-Temperatur T_{1soll} der Umgebung des ersten Sitzes **30** die Soll-Temperatur T_{z1soll} des aus der zweiten Zuführleitung **36** in die Umgebung des ersten Sitzes **30** eintretenden Luftstroms. Die Luft in der ersten Abzweigung **10** weist die Ist-Temperatur T_{gist} auf. Ist die Ist-Temperatur T_{gist} höher als die Soll-Temperatur T_{z1soll} des Luftstroms in der zweiten Zuführleitung **36**, kühlt die

erste Kühleinrichtung **16** den Luftstrom auf die Soll-Temperatur T_{z1soll} . Ist die Ist-Temperatur T_{gist} niedriger als die Soll-Temperatur T_{z1soll} des Luftstroms in der zweiten Zuführleitung **36**, erwärmt die erste Heizeinrichtung **22** den Luftstrom auf die Soll-Temperatur T_{z1soll} . Die Steuerung der ersten Kühleinrichtung **16** und der ersten Heizeinrichtung **22** basierend auf der Ist-Temperatur T_{gist} des von der zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** abgegebenen Luftstroms, der Soll-Temperatur T_{z1soll} des der Umgebung des ersten Sitzes **30** zuzuführenden Luftstroms, sowie der Ist-Temperatur T_{1ist} und der Soll-Temperatur T_{1soll} in der Umgebung des ersten Sitzes **30** kann durch eine dezentrale Steuerungseinrichtung erfolgen. Dies ist insbesondere bei großen Luftfahrzeugen erwünscht. Es ist aber auch denkbar, dass die zentrale Klimatisierungseinrichtung **2**, die erste Kühleinrichtung **16** und die erste Heizeinrichtung **22** durch eine gemeinsame Steuerungseinrichtung gesteuert werden.

[0061] Die Steuerung der Temperatur des aus der dritten Zuführleitung **38** in die Umgebung des zweiten Sitzes **32** einströmenden Luftstroms erfolgt auf die gleiche Weise wie zuvor im Zusammenhang mit der Umgebung des ersten Sitzes **30** beschrieben wurde. Dazu bestimmt eine Steuerungseinrichtung aus der durch den dritten Temperatursensor **44** ermittelten Ist-Temperatur T_{2ist} und der Soll-Temperatur T_{2soll} der Umgebung des zweiten Sitzes **32** die Soll-Temperatur T_{z2soll} des aus der dritten Zuführleitung **38** in die Umgebung des zweiten Sitzes **32** eintretenden Luftstroms. Die Steuerungseinrichtung steuert die zweite Kühleinrichtung **18** und die zweite Heizeinrichtung **24** so, dass der von der zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** gelieferte Luftstrom mit der Ist-Temperatur T_{gist} auf die Soll-Temperatur T_{z2soll} des der Umgebung des zweiten Sitzes **32** zuzuführenden Luftstroms temperiert wird.

[0062] Die Steuerung der Temperatur des aus der vierten Zuführleitung **40** in die Umgebung des dritten Sitzes **34** einströmenden Luftstroms erfolgt auf die gleiche Weise wie zuvor im Zusammenhang mit der Umgebung des ersten Sitzes **30** und zweiten Sitzes **32** beschrieben wurde. Eine Steuerungseinrichtung bestimmt aus der durch den vierten Temperatursensor **46** ermittelten Ist-Temperatur T_{3ist} und der Soll-Temperatur T_{3soll} der Umgebung des dritten Sitzes **34** die Soll-Temperatur T_{z3soll} des aus der vierten Zuführleitung **40** in die Umgebung des dritten Sitzes **34** eintretenden Luftstroms. Die Steuerungseinrichtung steuert die dritte Kühleinrichtung **20** und die dritte Heizeinrichtung **26** so, dass der von der zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** gelieferte Luftstrom mit der Ist-Temperatur T_{gist} auf die Soll-Temperatur T_{z3soll} des der Umgebung des dritten Sitzes **34** zuzuführenden Luftstroms temperiert wird.

[0063] Die Steuerung der zweiten Kühleinrichtung **18** und der zweiten Heizeinrichtung **24** kann auch aut-

ark bzw. dezentral erfolgen. Ebenso kann die Steuerung der dritten Kühleinrichtung **20** und der dritten Heizeinrichtung **26** autark bzw. dezentral erfolgen. Es ist auch denkbar, dass eine Steuerungseinrichtung mehrere oder alle Kühleinrichtungen und Heizeinrichtungen steuert. Es kann auch eine Steuerungseinrichtung vorgesehen sein, die die zentrale Klimatisierungseinrichtung **2** und alle Kühleinrichtungen und Heizeinrichtungen steuert.

[0064] Im Zusammenhang dieser Anmeldung soll Steuern auch eine Regelung mit einem geschlossenen Regelkreis umfassen. In jedem Bereich kann die Soll-Temperatur lokal beeinflusst werden. Die Regelung kann für jeden Bereich über Sensoren in der Kabine durchgeführt werden. Für eine lokale Klimatisierung, beispielsweise eine Klimatisierung einer Umgebung eines Sitzes, eignet sich auch die Steuerung aufgrund menschlicher Wahrnehmung. Es kann dabei direkt der Soll-Wert der Temperatur des dem Bereich zuzuführenden Luftstroms eingestellt werden und/oder direkt die Heiz/Kühlleistung eingestellt werden.

[0065] **Fig. 2** zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung. Der Aufbau und die Funktionsweise der zweiten Ausführungsform entsprechen im Wesentlichen der der ersten Ausführungsform. Gleiche oder ähnliche Bauteile werden mit den gleichen Bezugszeichen wie in **Fig. 1** bezeichnet. Zusätzlich zur ersten Ausführungsform umfasst die zweite Ausführungsform eine Kabinenluftkühleinrichtung **54** und eine Kabinenluftheizeinrichtung **56**. Eine Kabinenluftabzwegleitung **52** führt Luft von einer zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** mit der Ist-Temperatur T_{gist} der Kabinenluftkühleinrichtung **54** und der Kabinenluftheizeinrichtung **56** zu. Ist die Ist-Temperatur T_{gist} der von der zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** abgegebenen Luft höher als die Soll-Temperatur T_{zcsoll} des von der ersten Zuführleitung **8'** in die Kabine **28** zuzuführenden Luftstroms, steuert eine Steuerungseinrichtung (nicht gezeigt) die Kabinenluftkühleinrichtung **54** derart an, dass sie den von der zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** zuzuführenden Luftstrom auf die Soll-Temperatur T_{zcsoll} abkühlt. Ist die Ist-Temperatur T_{gist} der von der zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** gelieferten Luft niedriger als die Soll-Temperatur T_{zcsoll} des der Kabine **28** zuzuführenden Luftstroms, erwärmt die Kabinenluftheizeinrichtung **56** den Luftstrom auf die Soll-Temperatur T_{zcsoll} . In diesem Fall ist es möglich, die Ist-Temperatur T_{gist} der von der zentralen Klimatisierungseinrichtung abgegebenen Luft so zu wählen, dass der Gesamtenergieverbrauch des Klimaanlage-Systems minimiert wird. Dies ist insbesondere dann nützlich, wenn die einzelnen Kabinenbereiche ähnliche Luftvolumenströme benötigen. In diesem Fall steuert die Steuerungseinrichtung die zentrale Klimatisierungseinrichtung **2**, die Kühleinrichtungen **16**, **18**, **20**, die Kabinenluftkühleinrichtung **54**, die Heizeinrichtungen **22**, **24**, **26** und

die Kabinenluftheizeinrichtung **56**. Die einer Zuführleitung zugeordnete Heizeinrichtung bzw. Kabinenheizeinrichtung und Kühleinrichtung bzw. Kabinenkühleinrichtung können seriell oder parallel angeordnet sein.

[0066] Wie zuvor erwähnt, umfasst die zu minimierende Energie beispielsweise zum einen die zum Erzeugen der heißen Triebwerkszapfluff aufgewandte Energie, die zum Kühlen der Triebwerkszapfluff aufgewandte Energie und/oder die zum Rezirkulieren der Kabinenluft aufgewandte Energie. Dies ist die Energie, die erforderlich ist, um warme Luft durch die zentrale Klimatisierungseinrichtung bereitzustellen. Zum anderen umfasst die zu minimierende Energie die für die Verdunstungskühlung erforderliche Energie, beispielsweise die für das Bereitstellen des Wassers erforderliche Energie. Ferner umfasst die zu minimierende Energie die für die Heizeinrichtungen notwendige Energie. Bei einer elektrischen Heizeinrichtung ist der von der Heizeinrichtung verbrauchte Strom und der bei der Stromerzeugung entstehende Energieverlust zu berücksichtigen. Bei einer Heizeinrichtung mit Trimmventilen ist die zum Erzeugen der heißen Triebwerkszapfluff bzw. Trimmluft aufgewandte Energie zu berücksichtigen. Falls die entnommene Trimmluft die dem Pack zugeführte Zapfluffmenge reduziert, kann auch berücksichtigt werden, dass der Energieverlust im Pack reduziert wird, weil im Pack weniger Zapfluff gekühlt werden muss.

[0067] Wie zuvor erwähnt, bewirkt die zum Erzeugen der heißen Triebwerkszapfluff aufgewandte Energie einen Verlust an Schub. Dieser entsteht dadurch, dass der Kompressor des Triebwerks Außenluft ansaugt, verdichtet und dem Klimaanlage system bereitstellt. Die heiße Triebwerkszapfluff kann, wie zuvor beschrieben, dem Pack bereitgestellt werden und/oder als Trimmluft verwendet werden. Die zu minimierende Energiebilanz kann auch die zum Komprimieren der Außenluft erforderliche Energie zum Bereitstellen der Zapfluff umfassen. Es sind auch die Verluste im Pack aufgrund der Wärmetauscher und/oder der Entspannungs- und Kompressionszyklen im Pack zu berücksichtigen. Ferner kann der Energieverlust aufgrund der Luftwiderstandserhöhung des Luftfahrzeuges durch die Verwendung von Stauluft berücksichtigt werden. Es kann auch das Gewicht des mitzuführenden Wassers zum Kühlen des der Kabine zuzuführenden Luftstroms berücksichtigt werden. Im Allgemeinen kann kalte Luft nur mit höheren Energieverlusten als warme Luft bereitgestellt werden.

[0068] Da das erfindungsgemäße Klimaanlage system die Luft ohne oder nahezu ohne Verlustleistung kühlen kann, und eine Heizeinrichtung, falls sie elektrisch betrieben wird, aufgrund der Energieverluste beim Erzeugen des elektrischen Stroms relativ hohe Energieverluste verursacht, kann es sinn-

voll sein, die Ist-Temperatur T_{glist} auf die höchste Soll-Temperatur der den Kabinenbereichen zuzuführenden Luftströme einzustellen. Dies ist insbesondere sinnvoll, wenn ein Kabinenbereich nur eine geringfügig höhere Temperatur als die anderen Kabinenbereiche erfordert. Die den anderen Kabinenbereichen zuzuführende Luft kann durch die Verdunstungskühlung gekühlt werden. Wie zuvor erwähnt wurde, kann die zentrale Klimatisierungseinrichtung **2** warme Luft bei einem relativ niedrigen Energieverlust bereitstellen, falls beispielsweise rezirkulierte Luft **50** oder Triebwerkszapfluff verwendet wird. Die Ist-Temperatur T_{glist} des von der zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** abgegebenen Luftstroms kann auf eine beliebige Temperatur eingestellt werden, die zwischen der niedrigsten und der höchsten der Soll-Temperaturen der den Kabinenbereichen zuzuführenden Luftströme liegt.

[0069] Die [Fig. 3](#) zeigt eine dritte Ausführungsform der Erfindung. Die dritte Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform gemäß [Fig. 1](#) dadurch, dass ein von einer ersten Leitung **6** in eine gemeinsame Abzweigleitung **58** abgezweigter Luftstrom einer zentralen Kühleinrichtung **60** zugeführt wird. Von der zentralen Kühleinrichtung **60** wird ein Luftstrom über eine erste Verteilleitung **62** einer ersten Heizeinrichtung **22** zugeführt, von wo er über eine zweite Zuführleitung der Umgebung eines ersten Sitzes **30** zugeführt wird. Über eine zweite Verteilleitung **64** wird ein Teil des Luftstroms von der zentralen Kühleinrichtung **60** einer zweiten Heizeinrichtung **24** zugeführt, von wo er über eine dritte Zuführleitung **38** der Umgebung eines zweiten Sitzes **32** zugeführt wird. Ein anderer Teil des Luftstroms von der zentralen Kühleinrichtung **60** wird über eine dritte Verteilleitung **66** einer dritten Heizeinrichtung **26** zugeführt, von wo er über eine vierte Zuführleitung **40** der Umgebung eines dritten Sites **34** zugeführt wird. Die Steuerung der Ist-Temperatur T_{glist} des von der zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** abgegebenen Luftstroms erfolgt wie unter der ersten Ausführungsform gemäß [Fig. 1](#) beschrieben wurde.

[0070] Die Ist-Temperatur T_{glist} des von der zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** abgegebenen Luftstroms entspricht somit der Soll-Temperatur T_{zcsoll} der Kabine **28**. Bevorzugt entspricht die Ist-Temperatur T_{glist} des von der zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** abgegebenen Luftstroms im Wesentlichen der Soll-Temperatur des Kabinenbereichs, der den größten Luftvolumenstrom benötigt.

[0071] Ein zweiter Temperatursensor **42** erfasst die Ist-Temperatur T_{1ist} in der Umgebung des ersten Sitzes **30**, ein dritter Temperatursensor **44** die Ist-Temperatur T_{2ist} in der Umgebung des zweiten Sitzes **32** und ein vierter Temperatursensor **46** erfasst die Ist-Temperatur T_{3ist} in der Umgebung des dritten Sitzes **34**. Eine Steuerungseinrichtung (nicht gezeigt) ver-

gleich die Ist-Temperaturen T_{1ist} , T_{2ist} und T_{3ist} mit den Soll-Temperaturen T_{1soll} , T_{2soll} und T_{3soll} der Umgebungen der Sitze **30**, **32** und **34** und berechnet daraus die Soll-Temperatur T_{z1soll} des der Umgebung des ersten Sitzes **30** zuzuführenden Luftstroms, die Soll-Temperatur T_{z2soll} des der Umgebung des zweiten Sitzes **32** zuzuführenden Luftstroms und die Soll-Temperatur T_{z3soll} des der Umgebung des dritten Sitzes **34** zuzuführenden Luftstroms.

[0072] Ist eine Soll-Temperatur T_{z1soll} , T_{z2soll} , T_{z3soll} niedriger als die Ist-Temperatur T_{gist} des von der zentralen Klimatisierungseinrichtung **2** abgegebenen Luftstroms, kühlt die zentrale Klimatisierungseinrichtung **60** den von der zentralen Abzwegleitung **58** gelieferten Luftstrom auf die niedrigste der Soll-Temperaturen T_{z1soll} , T_{z2soll} , T_{z3soll} der den Umgebungen der Sitze **30**, **32**, **34** zuzuführenden Luftströme ab. Entspricht die Ist-Temperatur des aus der zentralen Kühleinrichtung **60** austretenden Luftstroms der Soll-Temperatur eines in eine Umgebung eines Sitzes zuzuführenden Luftstroms, muss die entsprechende Heizeinrichtung den Luftstrom nicht erwärmen. Entspricht beispielsweise die Ist-Temperatur des von der zentralen Kühleinrichtung **60** abgegebenen Luftstroms der Soll-Temperatur T_{z1soll} des der Umgebung des ersten Sitzes **30** zuzuführenden Luftstroms, muss somit die erste Heizeinrichtung **22** den Luftstrom nicht erwärmen.

[0073] Ist die Soll-Temperatur eines einer Umgebung eines Sitzes zuzuführenden Luftstroms höher als die Ist-Temperatur des von der zentralen Kühleinrichtung **60** abgegebenen Luftstroms, muss die diesem Luftstrom zugeordnete Heizeinrichtung den Luftstrom auf die Soll-Temperatur des entsprechenden Luftstroms erwärmen. Ist beispielsweise die Soll-Temperatur T_{z2soll} des der Umgebung des zweiten Sitzes **32** zuzuführenden Luftstroms höher als die Ist-Temperatur des von der zentralen Kühleinrichtung **60** abgegebenen Luftstroms, muss die zweite Heizeinrichtung **24** den von der zweiten Verteilleitung **64** abgegebenen Luftstrom auf die Soll-Temperatur T_{z2soll} erwärmen.

[0074] Diese Ausführungsform eignet sich besonders für Luftfahrzeuge, bei denen eine Mehrzahl kleiner Bereiche, beispielsweise Umgebungen von Sitzen, mit kühler Luft versorgt werden müssen.

[0075] **Fig. 4** stellt ein Mollier-h-x-Diagramm bei einem Luftdruck von etwa 782 hPa dar, der einer Höhe von 7000 Fuß (etwa 2134 m) über dem Meeresspiegel entspricht. Der Punkt A stellt dabei eine einer Verdunstungskühleinrichtung zugeführte Luft mit 20°C bei 5% relativer Feuchte dar. Dies entspricht etwa den Anforderungen an eine individuell regelbare Belüftung in der Business-Klasse eines Luftfahrzeuges auf Reiseflughöhe. Der Punkt B kennzeichnet den Punkt mit der durch eine Verdunstungsküh-

lung erreichbaren niedrigsten Temperatur, d. h. etwa 5°C. Der vom Punkt A in Richtung des Punkts C ausgehende Strahl stellt die durch Heizen erreichbare Temperatur in Verbindung mit der relativen Luftfeuchtigkeit dar. Beim Einsatz eines Verdunstungskühlverfahrens darf in einem Luftfahrzeug nicht die maximale relative Luftfeuchte von 100% erreicht werden, da dies mit einer erheblichen Kondensation an kühlen Oberflächen und folglich mit einer Korrosion verbunden wäre. Bei einer realistischen maximalen Feuchte von 50% am Luftauslass kann der Luftstrom im hier genannten Beispiel von etwa 20°C auf etwa 10°C abgekühlt werden.

[0076] Das erfindungsgemäße Verfahren und das erfindungsgemäße Klimaanlage-System stellen eine steuerbare bzw. regelbare Abkühlung und Erwärmung von lokalen Luftströmen bereit. Durch die Steuerung der zentralen Klimatisierungseinrichtung basierend auf der Soll-Temperatur der den einzelnen Kabinenbereichen zuzuführenden Luftströme, kann der Energiebedarf des Klimaanlage-Systems minimiert werden, wenn auch der Energieverlust, der beispielsweise beim Erwärmen oder Kühlen von Luft auftritt, mitberücksichtigt wird. Die Wasserzuleitungen zu den Kühleinrichtungen mit der Verdunstungskühlung erfordern einen geringen Platzbedarf, im Vergleich zu einer Kaltluftzufuhrleitung oder der Hin- und Rückleitung, die bei einer Kühlung durch ein zirkulierendes Kühlmittel erforderlich wären. Da Wasser an Bord eines Luftfahrzeuges vorhanden ist, ist kein zusätzliches Kühlmittel erforderlich. Bevorzugt kann bei der Verdunstung in den Kühleinrichtungen Kondenswasser verwendet werden, da das Kondenswasser an einer kalten Fläche, beispielsweise in einem Verdampfer für ein Kühlmittel oder an der Flugzeugaußenhaut, gesammelt werden kann und das Kondenswasser im Wesentlichen keinen Kalk, keine Salze oder andere gelöste Stoffe aufweist. Es kann sich ein geringer Raumbedarf für die Kühleinrichtung(en) ergeben. Der Energiebedarf zur Kühlung des Luftstroms wird reduziert, da lediglich Wasser bereitgestellt und zerstäubt werden muss. Die Kühlung durch Verdunstung hat eine kleine Totzeit bzw. Zeitkonstante. Durch die lokale Erhöhung der Luftfeuchtigkeit wird der Komfort, insbesondere auf Langstreckenflügen, für einen Passagier erhöht. Die Verdunstungskühlung kann sowohl zur Klimatisierung der Kabine oder eines Kabinenbereichs verwendet werden. Die Verdunstungskühlung kann auch für eine lokale Klimatisierung verwendet werden, beispielsweise zur Klimatisierung der Umgebung eines Sitzes.

[0077] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, dass jedem Bereich frische Luft zugeführt wird, d. h. Luft, die in der zentralen Klimatisierungseinrichtung aufbereitet wurde. Dadurch wird auch der Komfort des Passagiers erhöht.

Patentansprüche

1. Klimaanlage für ein Luftfahrzeug zum individuellen Klimatisieren von Bereichen (28, 30, 32, 34) einer Kabine (28) eines Luftfahrzeuges, mit

- einer zentralen Klimatisierungseinrichtung (2), die zum Bereitstellen eines Zentralluftstroms ausgebildet ist, der im Flug einen über dem Luftdruck außerhalb der Kabine (28) liegenden Druck und eine Ist-Temperatur (T_{gist}) aufweist;

- einer ersten Zuführleitung (8), die dazu ausgebildet ist, einen Teil des Zentralluftstroms einem ersten Kabinenbereich (28) zuzuführen,

- zumindest einer Abzweigung (10, 12, 14; 58), die dazu ausgebildet ist, einen anderen Teil des Zentralluftstroms zumindest einem weiteren Kabinenbereich (30, 32, 34) zuzuführen, und

einer Kühleinrichtung (16, 18, 20; 60), die den Luftstrom in der zumindest einen Abzweigung (10, 12, 14; 58) kühlt, falls die Ist-Temperatur (T_{gist}) des Luftstroms in der Abzweigung (10, 12, 14; 58) höher ist als die Soll-Temperatur ($T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$) des dem jeweiligen weiteren Bereich (30, 32, 34) zuzuführenden Luftstroms, wobei die Kühleinrichtung (16, 18, 20; 60) dazu ausgebildet ist, Wasser in einen Luftstrom zu verdunsten, der im Flug einen über dem Luftdruck außerhalb der Kabine liegenden Druck aufweist, zum Kühlen des einem Bereich (28, 30, 32, 34) der Kabine (28) zuzuführenden Luftstroms,

- gekennzeichnet durch eine Steuerungseinrichtung, die dazu ausgebildet ist, die Kühleinrichtung (16, 18, 20; 60) basierend auf einer gemessenen Ist-Temperatur (T_{gist}) so anzusteuern, dass der Luftstrom in der Abzweigung (10, 12, 14; 58) auf die Soll-Temperatur ($T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$) des dem jeweiligen Bereich (30, 32, 34) zuzuführenden Luftstroms abgekühlt wird.

2. Klimaanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühleinrichtung (16, 18, 20; 60) dazu ausgebildet ist, zur Kühlung Wasser in den dem Bereich (28, 30, 32, 34) der Kabine (28) zugeführten Luftstrom zu verdunsten.

3. Klimaanlage nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Heizeinrichtung (22, 24, 26), die den Luftstrom in der zumindest einen Abzweigung (10, 12, 14) erwärmt, falls die Ist-Temperatur des Luftstroms niedriger ist als eine Soll-Temperatur ($T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$) des dem jeweiligen weiteren Bereich (30, 32, 34) zuzuführenden Luftstroms.

4. Klimaanlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Abzweigung (58) einen Teil des Zentralluftstroms der Kühleinrichtung (60) zuführt, wobei an die Kühleinrichtung eine Mehrzahl von Verteilleitungen (62, 64, 66) angeschlossen ist, die den aus der Kühleinrichtung (60) austretenden Luftstrom aufteilen und je einen aufgeteilten Luftstrom einer Heizeinrichtung (22, 24, 26) zuführen,

und dass an die Heizeinrichtungen (22, 24, 26) je zumindest eine Zuführleitung (36, 38, 40) angeschlossen ist, die den Luftstrom jeweils einem einer Mehrzahl von Kabinenbereichen (30, 32, 34) zuführt.

5. Klimaanlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl von Abzweigungen (10, 12, 14), die einen Teil des Luftstroms von der zentralen Klimatisierungseinrichtung (2) abzweigen und je einen abgezweigten Luftstrom einer Kombination aus Heizeinrichtung (22, 24, 26) und Kühleinrichtung (16, 18, 20) zuführen, und eine Mehrzahl von Zuführleitungen (36, 38, 40) vorhanden sind, die je den Luftstrom aus einer Kombination aus Heizeinrichtung (16, 18, 20) und Kühleinrichtung (22, 24, 26) zu einem Kabinenbereich (30, 32, 34) führen.

6. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die zentrale Klimatisierungseinrichtung (2) zumindest teilweise rezirkulierte Luft (50) und/oder Triebwerkszapfluft verwendet.

7. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerungseinrichtung die zentrale Klimatisierungseinrichtung (2) so steuert, dass die von ihr abgegebene Luft eine Ist-Temperatur (T_{gist}) aufweist, die im Wesentlichen der Soll-Temperatur (T_{zcsoll} , $T_{z1\text{soll}}$, $T_{z2\text{soll}}$, $T_{z3\text{soll}}$) des Kabinenbereichs (28, 30, 32, 34) entspricht, der den größten Luftvolumenstrom benötigt.

8. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung die zentrale Klimatisierungseinrichtung (2), die zumindest eine Kühleinrichtung (16, 18, 20; 60) und die zumindest eine Heizeinrichtung (22, 24, 26) so steuert, dass der Gesamtenergieverbrauch des Klimaanlage minimal ist.

9. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühleinrichtung (16, 18, 20; 60) Wasser in den Luftstrom sprüht, Wasser durch Ultraschall in den Luftstrom vernebelt und/oder Wasser durch Druckluft in den Luftstrom zerstäubt.

10. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühleinrichtung (16, 18, 20; 60) so ausgebildet ist, dass der dem Kabinenbereich (28, 30, 32, 34) zuzuführende Luftstrom eine Blasensäule durchläuft.

11. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühleinrichtung (16, 18, 20; 60) so ausgebildet ist, dass in einem porösen Material enthaltenes Wasser in den Luftstrom und/oder an einem Körper mit einer großen Oberfläche verdunstet.

12. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühleinrichtung (**16, 18, 20; 60**) so ausgebildet ist, dass Wasser an einer Membran in den Luftstrom verdunstet.

13. Verfahren zum individuellen Klimatisieren eines Bereiches (**28, 30, 31, 34**) einer Kabine (**28**) eines Luftfahrzeuges, mit den folgenden Schritten:

- Bereitstellen eines Luftstroms, der im Flug unter einem Druck gesetzt ist, der höher als der Luftdruck außerhalb der Kabine ist;
 - Temperieren des unter Druck gesetzten Luftstroms auf eine Ist-Temperatur (T_{gist});
 - Zuführen des temperierten Luftstroms mit der Ist-Temperatur (T_{gist}) zu einem ersten Kabinenbereich (**28**);
 - Bereitstellen des temperierten Luftstroms mit der Ist-Temperatur (T_{gist}) zumindest einem weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**); und
 - Kühlen des dem zumindest einen weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) bereitgestellten Luftstroms durch Verdunsten von Wasser, bevor er dem jeweiligen weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zugeführt wird, falls die Soll-Temperatur ($T_{z1\text{soll}}, T_{z2\text{soll}}, T_{z3\text{soll}}$) des dem jeweiligen weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zuzuführenden Luftstroms niedriger als die Ist-Temperatur (T_{gist}) ist;
- gekennzeichnet durch Steuern des Kühlens des zumindest einem weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zugeführten Luftstroms basierend auf einer gemessenen Ist-Temperatur (T_{gist}) so, dass dieser Luftstrom mit der Soll-Temperatur ($T_{z1\text{soll}}, T_{z2\text{soll}}, T_{z3\text{soll}}$) des diesem Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zuzuführenden Luftstroms in diesen Kabinenbereich (**30, 32, 34**) eintritt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch Verdunsten von Wasser in den dem Bereich (**28, 30, 32, 34**) der Kabine (**28**) zuzuführenden Luftstrom.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, gekennzeichnet durch

- Entnehmen von Luft aus dem Kabinenbereich (**28, 30, 32, 34**), dem der Luftstrom zuzuführen ist, wobei der entnommene Luftstrom gekühlt wird, bevor er dem Kabinenbereich (**28, 30, 32, 34**) wieder zugeführt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch Erwärmen des dem zumindest einen weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) bereitgestellten Luftstroms, bevor er dem jeweiligen weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zugeführt wird, falls die Soll-Temperatur ($T_{z1\text{soll}}, T_{z2\text{soll}}, T_{z3\text{soll}}$) des dem jeweiligen weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zuzuführenden Luftstroms höher als die Ist-Temperatur (T_{gist}) ist.

17. Verfahren nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch

- Kühlen des temperierten Luftstroms mit der Ist-Temperatur (T_{gist}), der den weiteren Kabinenbereichen zugeführt wird, auf die niedrigste Soll-Temperatur (T_{sollmin}) aller Soll-Temperaturen ($T_{z1\text{soll}}, T_{z2\text{soll}}, T_{z3\text{soll}}$) der weiteren Kabinenbereiche (**30, 32, 34**);
- Aufteilen des Luftstroms mit der Soll-Temperatur (T_{sollmin}) in eine Mehrzahl von Luftströmen, die je einem weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zugeordnet sind;
- Erwärmen der aufgeteilten und den jeweiligen weiteren Kabinenbereichen (**30, 32, 34**) zuzuführenden Luftströme auf die jeweilige Soll-Temperatur ($T_{z1\text{soll}}, T_{z2\text{soll}}, T_{z3\text{soll}}$), falls die Soll-Temperatur des dem jeweiligen Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zuzuführenden Luftstroms höher als die niedrigste Soll-Temperatur (T_{sollmin}) aller Soll-Temperaturen ($T_{z1\text{soll}}, T_{z2\text{soll}}, T_{z3\text{soll}}$) der weiteren Zonen ist.

18. Verfahren nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch

- Aufteilen des temperierten Luftstroms in eine Mehrzahl von Luftströmen, die je einem weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zugeführt werden;
- Kühlen zumindest eines temperierten Luftstroms mit der Ist-Temperatur (T_{gist}), der zumindest einem weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zugeführt werden soll, auf die Soll-Temperatur ($T_{z1\text{soll}}, T_{z2\text{soll}}, T_{z3\text{soll}}$) des dem jeweiligen weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zuzuführenden Luftstroms, falls die Soll-Temperatur ($T_{z1\text{soll}}, T_{z2\text{soll}}, T_{z3\text{soll}}$) des dem jeweiligen weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zuzuführenden Luftstroms niedriger als die Ist-Temperatur (T_{gist}) ist; und
- Erwärmen zumindest eines temperierten Luftstroms mit der Ist-Temperatur (T_{gist}), der zumindest einem weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zugeführt werden soll, auf die Soll-Temperatur ($T_{z1\text{soll}}, T_{z2\text{soll}}, T_{z3\text{soll}}$) des dem jeweiligen weiteren Kabinenbereich (**30, 32, 34**) zuzuführenden Luftstroms, falls die Soll-Temperatur ($T_{z1\text{soll}}, T_{z2\text{soll}}, T_{z3\text{soll}}$) des dem jeweiligen weiteren Bereich zuzuführenden Luftstroms höher als die Ist-Temperatur (T_{gist}) ist.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Ist-Temperatur (T_{gist}) des unter Druck gesetzten Luftstroms im Wesentlichen der Soll-Temperatur ($T_{z\text{csoll}}, T_{z1\text{soll}}, T_{z2\text{soll}}, T_{z3\text{soll}}$) des Kabinenbereichs (**30, 32, 34**) entspricht, der den größten Luftvolumenstrom benötigt.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Ist-Temperatur (T_{gist}) des unter Druck gesetzten Luftstroms im Wesentlichen so gewählt ist, dass der Gesamtenergieverbrauch minimal ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

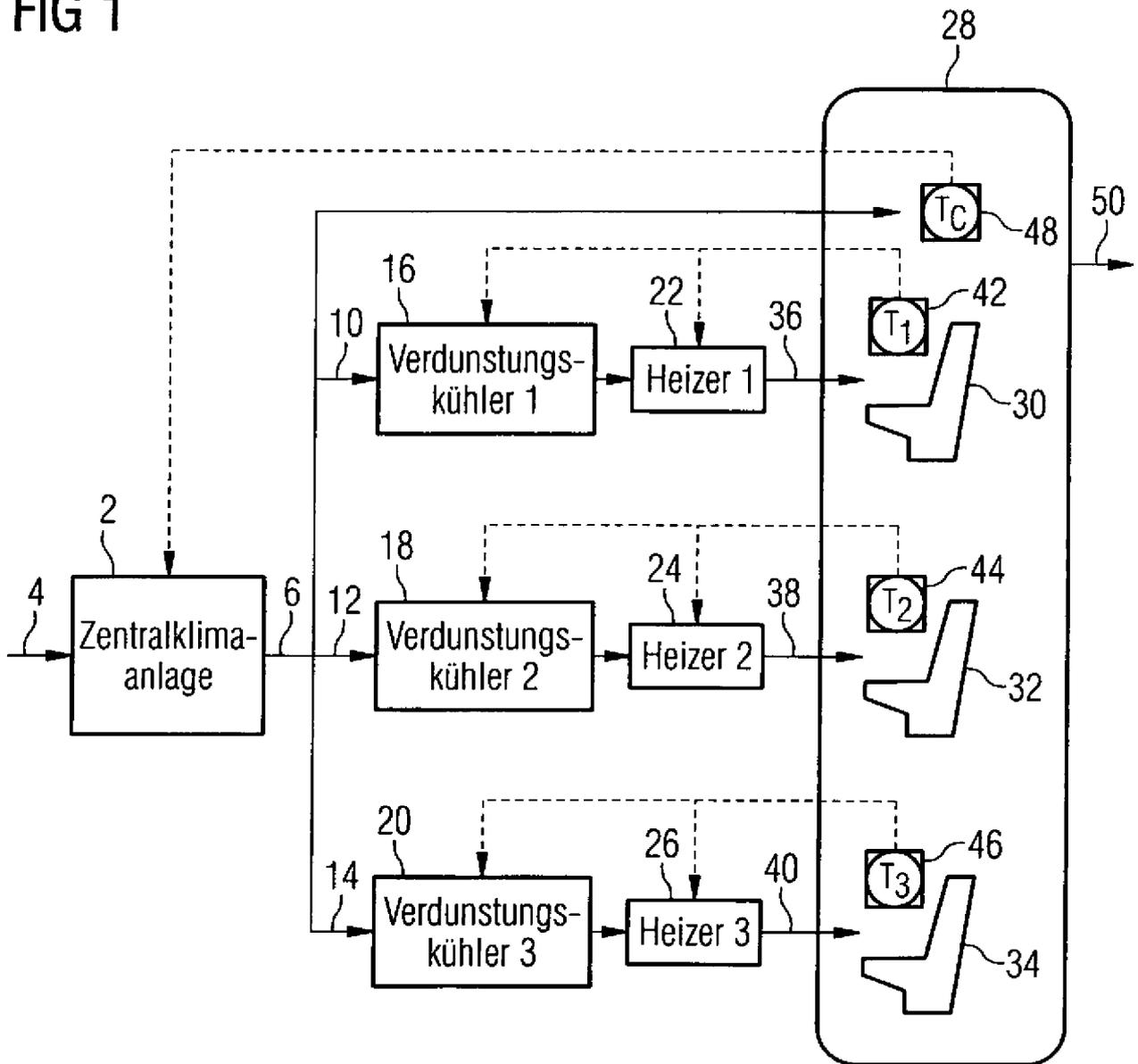


FIG 2

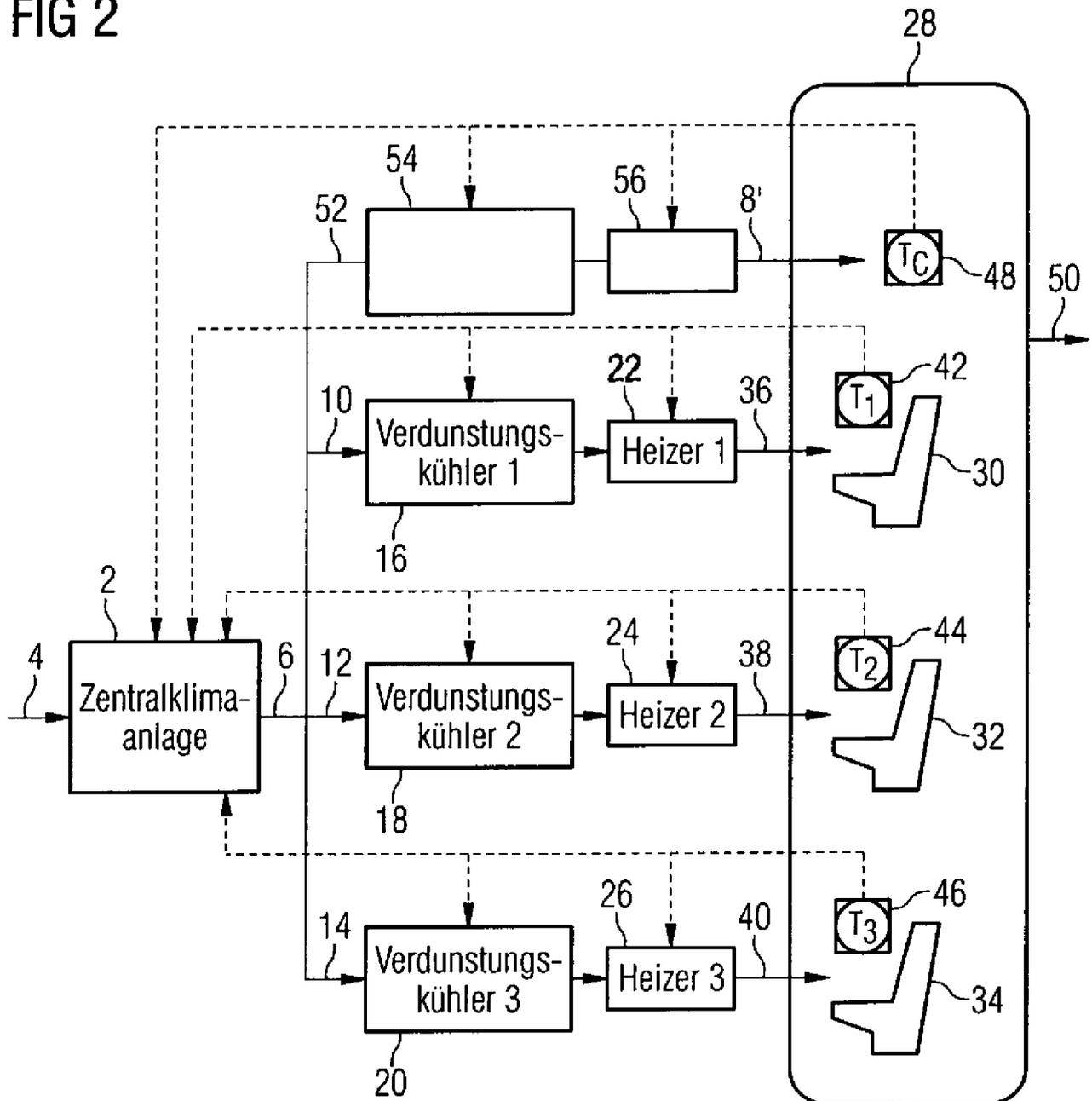
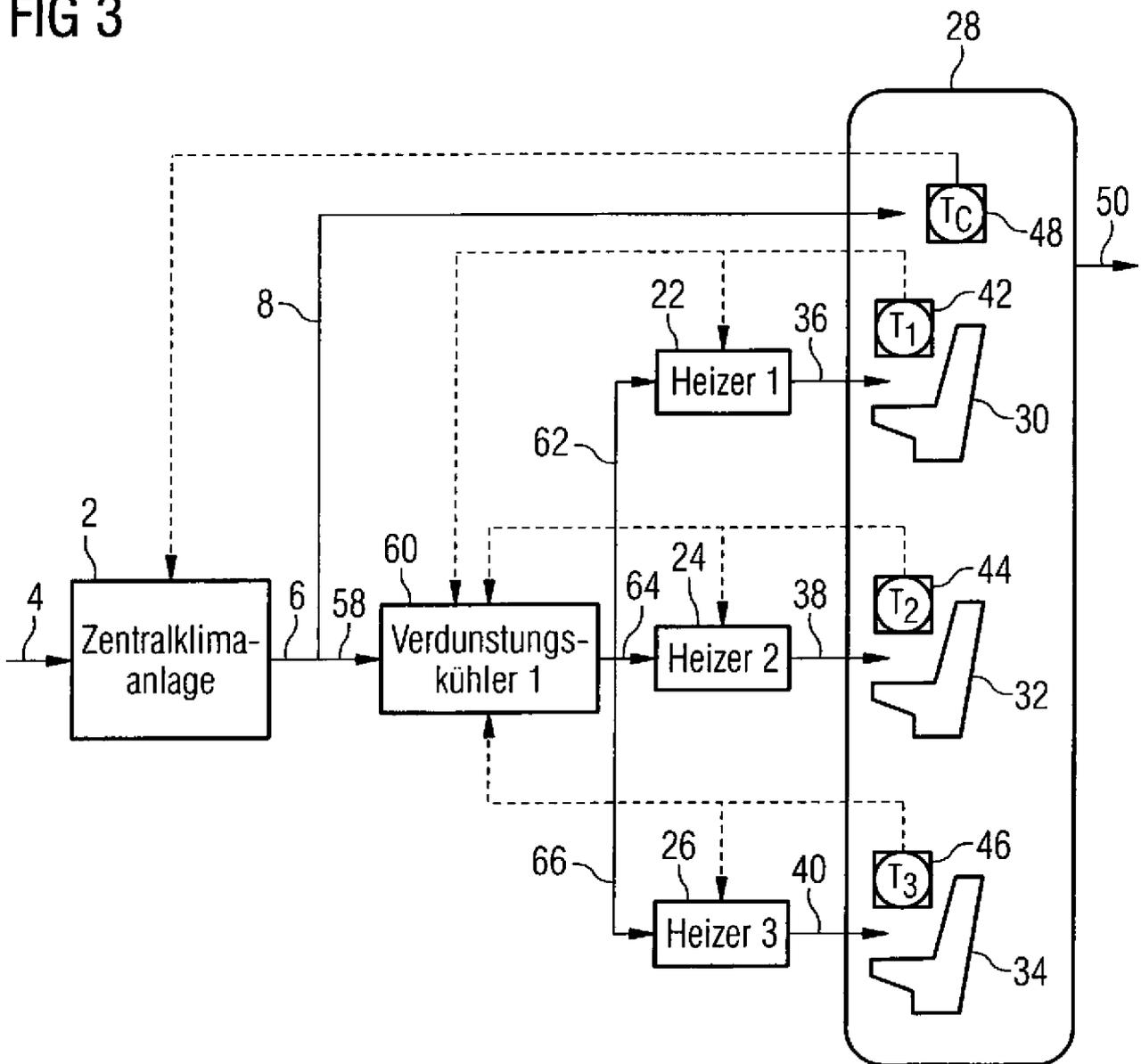
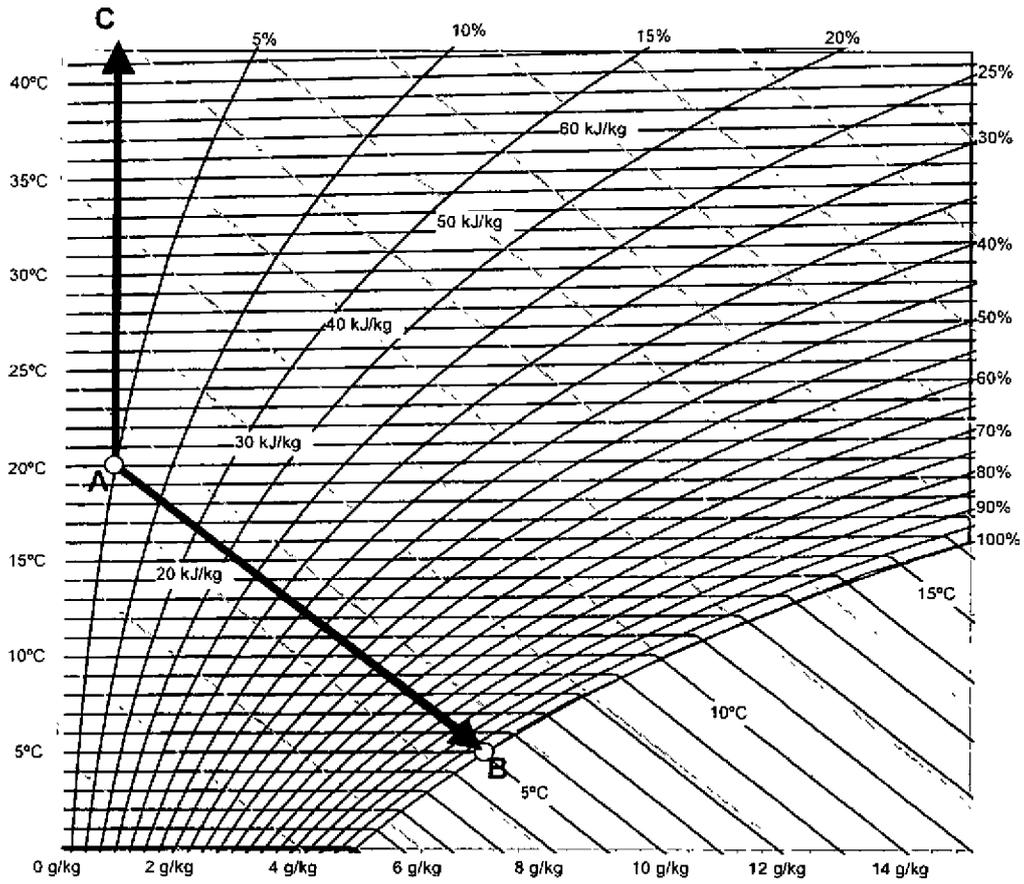


FIG 3





Figur 4

FIG 5 Stand der Technik

