

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 4441/82

(51) Int.Cl.⁵ : F24F 3/14

(22) Anmeldetag: 6.12.1982

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 3.1990

(45) Ausgabetag: 25. 9.1990

(30) Priorität:

15.12.1981 DE 3149672 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

DE-PS 1173224 DE-OS 2033206 DE-OS 2116391 GB-PS 1526749
US-PS 4185969 EP-A1-0016470

(73) Patentinhaber:

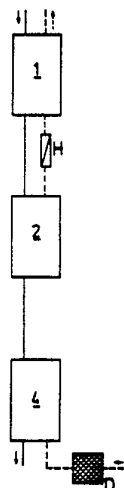
DIDIER-WERKE A.G.
D-6200 WIESBADEN (DE).

(72) Erfinder:

ESCHNER AXEL DR.
WIESBADEN (DE).

(54) VERFAHREN ZUM KLIMATISIEREN UNTER ANWENDUNG VON MITTELS WASSERSORPTION ARBEITENDEN
SPEICHERMEDIEN

(57) Verfahren zum Klimatisieren, bei welchem in einer ersten Stufe feuchte Umgebungsluft von der in ihr enthaltenen Feuchtigkeit ganz oder weitgehend durch Durchleiten durch ein trockenes Speichermedium befreit wird, in einer zweiten Stufe die getrocknete Luft ohne Veränderung des Luftfeuchtigkeitsgehaltes gekühlt wird und in einer dritten Stufe die getrocknete und abgekühlte Luft unter Wasseraufnahme weiter abgekühlt wird, wobei in der zweiten Stufe die Kühlung mit Hilfe einer Wärmespeicherschüttung durchgeführt wird, und in der dritten Stufe die Wasseraufnahme durch Durchleiten der getrockneten abgekühlten Luft durch mit Wasser beladenes Speichermedium bewerkstelligt wird.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Klimatisieren, bei welchem in einer ersten Stufe feuchte Umgebungsluft von der in ihr enthaltenen Feuchtigkeit ganz oder weitgehend durch Durchleiten durch ein trockenes Speichermedium befreit wird, in einer zweiten Stufe die getrocknete Luft ohne Veränderung des Luftfeuchtigkeitsgehaltes gekühlt wird und in einer dritten Stufe die getrocknete und abgekühlte Luft unter Wasseraufnahme weiter abgekühlt wird. Bei einer solchen Klimatisierung wird unter anderem die Temperatur von beispielsweise Gebäuden oder Räumen in der heißen Jahreszeit erniedrigt.

Es ist bekannt, daß bei der Verdampfung von Wasser oder bei der Desorption von Wasser aus einem mit Wasser beladenen Speichermedium wie einem Trocknungsmittel, z. B. Zeolith oder Kieselgel, eine erhebliche Wärmemenge aufgebracht werden muß. Falls eine solche Desorption adiabatisch durchgeführt wird, d. h. ohne Wärmezufuhr zu dem Wasser oder Speichermedium von außen, muß die zur Desorption bzw. Verdampfung erforderliche Wärmemenge aus anderen Quellen entnommen werden, beispielsweise trockener Luft, welche durch dieses Wasser oder Speichermedium bei adiabatischer Verfahrensführung durchgeschickt wird und hiebei Wasserdampf aufnimmt, d. h. beladen wird.

Aus der DE-PS 28 44 935 ist ein Verfahren zur klimatisierenden Behandlung von Raumluft unter Verwendung von Solarenergie bekannt, bei welchem mittels Wassersorption arbeitendes Speichermedium eingesetzt wird. Bei dieser vorbekannten Verfahrensweise erfolgt die Entfeuchtung der Luft jedoch mittels einer hygroskopischen Lösung und die Befeuchtung der zuvor getrockneten und gekühlten Luft erfolgt durch Besprühen mit einer feinen Wasserdispersion. Weiterhin ist aus der DE-PS 974 410 ein Regenerativ-Vorwärmer für Entlüftungsanlagen bekannt, bei welchem eine Wärme und gegebenenfalls Feuchtigkeit speichernde Masse verwendet wird. Abgesehen von der gänzlich anderen Aufgabe dieser DE-PS 974 410, nämlich der Vermeidung der Umkehrung der Strömungsrichtung, ist hier ausdrücklich angegeben, daß die Anlage ohne Entwässerung arbeiten soll, wozu die Heizelemente nur während der Frischluftansaugperioden angeschlossen sein sollen. Ferner ist aus der DE-OS 21 16 391 ein Klimatisierungssystem der eingangs genannten Art bekannt, bei welchem die Entwässerung der feuchten Luft mittels einer wasserabsorbierenden Substanz, z. B. Zeolithen, erfolgt. Zur Temperaturerniedrigung der getrockneten Luft dient ein Wärmetauscherrad, anschließend wird die getrocknete und gekühlte Luft durch Durchleiten durch ein mit Wasser getränktes Polster wieder befeuchtet und hiedurch weiter gekühlt. Gemäß dieser vorbekannten Verfahrensweise kann das wasserabsorbierende, in der ersten Stufe verwendete Material, das ebenfalls in Form eines Rades angeordnet ist, getrocknet werden, wobei die erforderliche Hitze mittels einer Heizeinrichtung zugeführt wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, bei welchem die Energie, welche zum Regenerieren des zum Trocknen der Luft benutzten Speichermediums erforderlich ist, zumindest erheblich reduziert werden kann.

Zur Lösung dieser Aufgabe dient das erfindungsgemäße Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, daß

- a) in der zweiten Stufe die Kühlung mit Hilfe einer Wärmespeicherschüttung durchgeführt wird, und daß
- b) in der dritten Stufe die Wasseraufnahme durch Durchleiten der getrockneten, abgekühlten Luft durch mit Wasser beladenes Speichermedium bewerkstelligt wird, wobei in der ersten und dritten Stufe dasselbe Speichermedium verwendet wird.

Die Erfindung nutzt die Erscheinung aus, daß auch bei relativ niedrigen Temperaturen eine Desorption von Wasser aus Speichermedien unter Temperaturerniedrigung möglich ist. Unter dem Ausdruck "verhältnismäßig niedrige Temperaturen" sind Temperaturen zu verstehen, wie sie unter Normalbedingungen auftreten, beispielsweise Temperaturen unterhalb von 40 °C und vorzugsweise unterhalb von 30 °C, d. h. Temperaturen, welche bislang zur Desorption von Wasser aus mit Wasser beladenen Speichermedien wie Zeolith oder Kieselgel nicht ausgenutzt wurden.

Die erste Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in an sich bekannter Weise so durchgeführt, daß Umgebungsluft, die einen beliebigen Feuchtigkeitsgehalt aufweist, mit Hilfe von trockenem Speichermedium vollständig getrocknet wird. Umgebungsluft besitzt selten einen Feuchtigkeitsgehalt $r < 30\%$, übliche Feuchtigkeitsgehalte von Umgebungsluft in unseren Breiten während der warmen Jahreszeit liegen bei 50 bis 70 % relativer Feuchte. Der hier verwendete Ausdruck "feuchte Umgebungsluft" bezeichnet daher solche Umgebungsluft, wie sie in der warmen Jahreszeit zur Verfügung steht, wobei es sich hier auch um relativ trockene Luft mit Feuchtigkeitswerten bis hinab zu $r \geq 30\%$ an heißen Sommertagen handeln kann.

Bei der Trocknung dieser feuchten Umgebungsluft in einem trockenen Speichermedium wird Wärme freigesetzt, so daß die trockene Luft mit einer wesentlich höheren Temperatur als beim Eintritt aus dem Speichermedium austritt. In der zweiten Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die erhöhte Temperatur dieser getrockneten, aus dem Speichermedium austretenden Luft in einer sogenannten Wärmeschüttung erniedrigt, d. h. auf Werte herabgesetzt, welche im allgemeinen nicht höher als die Temperatur liegen, mit welcher die feuchte Umgebungsluft in das trockene Speichermedium eingeführt wurde. Wie im folgenden noch näher erläutert ist es besonders vorteilhaft, eine Wärmeschüttung zu verwenden, welche sich auf einer niedrigeren Temperatur als der Temperatur der feuchten, in das Speichermedium eintretenden Umgebungsluft befindet. Dies kann vorteilhafterweise dadurch erreicht werden, daß die Wärmeschüttung während der Nacht, zu der die Temperaturen wesentlich tiefer als am Tage liegen, mit solcher "Nachtluft" hinreichend gespült wird, so daß sich die Wärmeschüttung auf einer niedrigeren Temperatur befindet als am Tage, wenn eine Klimatisierung durchgeführt werden soll, wobei die am Tage eingespeiste, feuchte Umgebungsluft auf einer höheren Temperatur liegt als die

zum Abkühlen der Wärmeschüttung verwendete "Nachtluft".

Die in dem trockenen Speichermedium getrocknete Luft gibt daher in der Wärmeschüttung ihre Temperatur an das Wärmeschüttungsmaterial ab und verläßt dieses mit einer erniedrigten Temperatur, die im allgemeinen nicht höher liegt als die Temperatur der eingeführten, feuchten Umgebungsluft, und vorteilhafterweise sogar niedriger liegt.

Die Wärmeschüttung besitzt die Eigenschaft, daß sie den Luftfeuchtigkeitsgehalt nicht verändert und selbst nur eine geringe Wärmeleitfähigkeit besitzt. Vorteilhafte Materialien für eine solche Wärmespeicherschüttung sind Olivin- oder Basaltmaterialien mit relativ hoher Wärmekapazität jedoch geringer Wärmeleitfähigkeit.

Die aus der Wärmeschüttung austretende, trockene Luft, welche sich auf einer relativ niedrigen Temperatur befindet, d. h. im allgemeinen einer Temperatur maximal derjenigen der eingeführten, feuchten Umgebungsluft, wird dann durch ein mit Wasser beladenes Speichermedium in der dritten Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens durchgeschickt und nimmt aus diesem Speichermedium Wasser auf, d. h. bewirkt einen Desorptionsvorgang, obwohl sie sich auf einer relativ niedrigen Temperatur befindet. Durch diesen Desorptionsvorgang wird der die Wärmespeicherschüttung verlassenden Luft jedoch weitere Wärme entzogen, so daß ihre Temperatur noch weiter erniedrigt wird.

Voraussetzung zur Durchführung des Verfahrens ist, daß die einzelnen Behälter, in denen das Speichermedium, das Wasser und auch das Wärmespeicherschüttungsmaterial angeordnet ist, möglichst adiabatisch betrieben werden, d. h. eine ausreichende Isolierung aufweisen, so daß nicht durch parasitäre Wärmeströmungen von außen der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren erzielte Klimatisierungseffekt, d. h. Temperaturniedrigungseffekt, zunichte gemacht wird.

Die Luft mit niedriger Temperatur, die das Speichermedium nach der dritten Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens verläßt, kann als solche zur Klimatisierung von Räumen verwendet werden, d. h. in solche Räume eingeblasen werden, andererseits ist es auch möglich, die niedrige Temperatur dieser Luft in einem Wärmetauscher auszunutzen, d. h. auf andere Medien zu übertragen.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird üblicherweise in Behältern durchgeführt, die als Kolonnen ausgebildet sind. Hiedurch wird erreicht, daß in den einzelnen Behältern, d. h. den darin gelagerten Materialien wie Speichermedien oder Wärmespeicherschüttung jeweils eine Front gebildet wird, im Fall des in der ersten Stufe verwendeten, trockenen Speichermediums eine Sprungfunktion in Strömungsrichtung feuchtes Medium/ trockenes Medium, im Fall der in der zweiten Stufe des Verfahrens verwendeten Wärmespeicherschüttung eine Temperatur-Sprungfunktion höhere Temperatur/niedrige Temperatur, und im Fall des in der dritten Stufe des Verfahrens verwendete Speichermediums eine Sprungfunktion trockenes Medium/beladenes Medium.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es selbstverständlich, daß die Einzelmengen von Speichermedien einerseits bzw. Wärmespeicherschüttung andererseits aufeinander abgestimmt sind, so daß die in der Wärmespeicherschüttung vorhandene "Kühlkapazität" erst dann aufgebraucht ist, wenn das erste, trockene Speichermedium infolge des Durchleitens der feuchten Umgebungsluft im ungünstigsten Fall, d. h. bei hohen Werten der relativen Feuchtigkeit, mit Wasser gesättigt ist, bzw. das mit Wasser beladene Speichermedium, welches in der dritten Stufe des Verfahrens eingesetzt wird, vollständig von Wasser entladen ist und damit keine weitere Temperaturniedrigung mehr bewirken kann. Bei geeigneter Anordnung, z. B. in Kolonnenform, wandern die einzelnen Fronten, welche den Springfunktionen entsprechen, mit relativ geringer Breite durch die einzelnen Kolonnen hindurch. Im allgemeinen beträgt das Verhältnis von Länge zu Breite bzw. Durchmesser der Kolonnen 1,5 : 1 bis 8 : 1, vorzugsweise 2 : 1 bis 4 : 1.

Die bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzte Vorrichtung ist so auszulegen, daß sie den maximalen Klimatisierungsbedarf eines besonders heißen Tages an dem geplanten Anwendungsort zu decken vermag. Während der Nacht kann dann die Wärmespeicherschüttung durch Durchleiten von sogenannter "Nachtluft" wieder abgekühlt werden, so daß die Wärmespeicherschüttung am nächsten Tag, wenn die Klimatisierung wieder durchgeführt werden soll, auf einem niedrigen Temperaturniveau vorliegt, vorteilhafterweise auf einer niedrigeren Temperatur als derjenigen der feuchten Umgebungsluft, die während des Tages in eine solche Klimatisierungsvorrichtung eingeleitet wird.

Um ein Trocknen von mit Wasser beladenem Speichermedium der ersten Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens zu erreichen, ist es erforderlich, die bei diesem Regeneriervorgang eingesetzte Luft mit einer Heizung, z. B. einer elektrischen Heizung oder über einen Wärmetauscher, in an sich bekannter Weise auf eine höhere Temperatur zu bringen, so daß der Trocknungsvorgang, d. h. das Regenerieren, von mit Wasser beladenem Speichermedium erreicht wird. Bei Verwendung von Kieselgel als Speichermedium haben sich Temperaturen von unter 100 °C als ausreichend herausgestellt, z. B. von 80 °C bei Ausgangsluft von 30 °C und 100 % relativer Feuchte und von 70 °C bei Ausgangsluft von ebenfalls 30 °C und 50 % relativer Feuchte.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die während des Klimatisierungsvorganges, d. h. üblicherweise während des Tages, in der Wärmespeicherschüttung gespeicherte Wärme dazu ausgenutzt werden, um mit Wasser beladenes Speichermedium zu regenerieren. Hierzu ist es lediglich erforderlich, in die Wärmespeicherschüttung in umgekehrter Strömungsrichtung wie beim Klimatisierungsvorgang Luft einzuleiten, diese Luft nimmt die in der Wärmespeicherschüttung gespeicherte Wärme auf und tritt nach weiterer Aufheizung auf die zum Regenerieren erforderliche Temperatur - wie zuvor für den Regeneriervorgang allgemein beschrieben - mit ausreichender

Temperatur und in umgekehrter Strömungsrichtung wie beim Klimatisierungsvorgang in das in der ersten Stufe des Verfahrens verwendete, während des vorangegangenen Klimatisierungsbetriebes mit Wasser beladene Speichermedium ein und trocknet dieses.

5 Beim Regeneriervorgang können selbstverständlich auch über 100 °C liegende Temperaturen angewandt werden, z. B. im Fall von schwieriger zu trocknenden Zeolithen oder um ein besonders schnelles Trocknen des Speichermediums zu erreichen.

Durch die Verwendung eines Speichermediums in der dritten Stufe des Verfahrens ist es auch möglich, nachts die Stromrichtung der Luft umzuändern, d. h. die nachts abgekühlte und eine relativ hohe Luftfeuchtigkeit aufweisende Luft wird in das in der dritten Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens am Tage benutzte Speichermedium, das beim Klimatisierungsbetrieb weitgehend von Wasser befreit, d. h. getrocknet wurde, 10 eingeleitet, gibt hierin ihre Feuchtigkeit ab und belädt dieses Speichermedium wieder mit Wasser, tritt aus diesem Speichermedium bereits mit etwas höherer Temperatur aus und wird dann in die Wärmespeicherschüttung geleitet, welche beim Klimatisierungsbetrieb in der zweiten Stufe des Verfahrens verwendet wurde. Sie tritt dann mit wesentlich höherer Temperatur aus dieser Wärmespeicherschüttung aus, wird mit Wärme aus anderen Quellen 15 weiter bis auf die erforderliche Regeneriertemperatur aufgeheizt und wird dann durch das beim Klimatisierungsbetrieb in der ersten Stufe des erfindungsgemäßen Verfahrens eingesetzte Speichermedium, das während des Klimatisierungsbetriebes mit Wasser beladen wurde, eingeleitet, um dieses Speichermedium weitgehend oder vollständig zu trocknen.

Am nächsten Morgen kann der Zyklus dann von Neuem beginnen.

20 Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden zwei abwechselnd betriebene Wärmespeicherschüttungen eingesetzt. Sobald die erste Wärmeschüttung sich fast vollständig auf hoher Temperatur befindet und die Temperatur der diese Wärmespeicherschüttung verlassenden Luft ansteigt, wird auf die zweite, sich noch auf niedriger Temperatur befindliche Wärmespeicherschüttung umgeschaltet, so daß der Klimatisierungsbetrieb weitergehen kann, gleichzeitig wird die erste Wärmespeicherschüttung durch Durchleiten 25 von Umgebungsluft wieder auf niedrige Temperatur gebracht.

Hiedurch wird es möglich, das Volumen an Wärmeschüttungsmaterial zu verringern, da es nicht mehr erforderlich ist, die erfindungsgemäße Vorrichtung hinsichtlich der Menge an Wärmeschüttungsmaterial für einen ganzen Tagesbedarf für eine Klimatisierung auszulegen, sondern z. B. die Volumina an Wärmeschüttung so 30 ausgelegt werden können, daß etwa jede Stunde eine Umschaltung erfolgt, wobei dann die eine Wärmeschüttung beim Klimatisierungsvorgang eingeschaltet wird, während die andere Wärmeschüttung gleichzeitig durch Durchleiten von Umgebungsluft abgekühlt wird.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden zwei Wärmespeicherschüttungen und vier Speichermedien angewandt. Bei dieser Ausführungsform ist ein kontinuierlicher Klimatisierungsbetrieb möglich, hiebei handelt es sich um zwei parallel zueinander aber 35 gegenläufig betriebene erfindungsgemäße Vorrichtungen, die eine Vorrichtung dient der Klimatisierung, während die andere Vorrichtung regeneriert wird.

Wie bereits zuvor ausgeführt, wird als Wärmespeicherschüttungsmaterial vorzugsweise ein Olivin- oder Basaltmaterial verwendet. Ein solches Material besitzt eine geringe Wärmeleitfähigkeit und liegt in Kornform vor, wobei die Kornabmessungen üblicherweise zwischen 1 mm und 10 mm liegen.

40 Als Speichermedium wird vorteilhafterweise ein Zeolith oder ein Kieselgel, vorzugsweise engporiges Kieselgel, verwendet. Als Zeolithe können sowohl synthetische als auch natürliche Zeolithe verwendet werden, die ein ausreichend hohes Wasserabsorptionsvermögen besitzen. Synthetische Zeolithe sind auch unter der Bezeichnung "Molekularsiebe" im Handel.

Bei bestimmten Klimazuständen wird gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des 45 erfindungsgemäßen Verfahrens so vorgegangen, daß die Stufen 1 und 2 des Verfahrens wiederholt werden, d. h. in einem ersten, trockenen Speichermedium wird zunächst die Hauptmenge der in der Umgebungsluft enthaltenen Feuchtigkeit herausgeholt, diese getrocknete Luft wird dann in einer ersten Wärmespeicherschüttung abgekühlt, dann wird in einem zweiten trockenen Speichermedium der Wasserdampfgehalt der zuvor getrockneten Luft weiter herabgesetzt, wobei wieder ein Temperaturanstieg der Luft auftritt, die Temperatur dieser Luft wird dann in 50 zweitem Wärmespeicherschüttungsmaterial wieder abgesenkt. Diese Verfahrensführung ist insbesondere bei sogenanntem Treibhausklima, d. h. hoher Temperatur der Umgebungsluft bei gleichzeitiger hoher relativer Feuchte, vorteilhaft, da in einem solchen Fall eine wesentlich stärkere Temperaturniedrigung erzielt werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert; in der Zeichnung 55 sind schematisch Fließdiagramme dargestellt, und zwar in: Fig. 1 das Verfahren in seiner einfachsten Ausführungsform; Fig. 2 das Verfahren mit zwei parallel geschalteten Wärmespeicherschüttungen; Fig. 3 die Ausführungsform für kontinuierlichen Klimatisierungsbetrieb; Fig. 4 die Ausführungsform mit jeweils hintereinandergeschalteten doppelten Speichermedien und Wärmespeicherschüttungen für die Stufen (I₁) und (I₂) bzw. (II₁) und (II₂).

60 Die in der Fig. 1 schematisch dargestellte Ausführungsform umfaßt neben den an sich bekannten und nicht gesondert dargestellten Leitungen, Gebläsen und Regeleinrichtungen sowie gegebenenfalls

Wärmetauscheinrichtungen einen ersten Behälter (1), in welchem sich zu Beginn des Klimatisierungsbetriebes trockenes Speichermedium, z. B. engporiges Kieselgel, befindet. Anschließend an diesen Behälter (1) ist ein zweiter Behälter (2) angeordnet, der Wärmespeicherschüttung enthält, die zu Beginn des Klimatisierungsbetriebes mit niedriger Temperatur, z. B. der Temperatur der Luft zur Nachtzeit, vorliegt. Weiterhin umfaßt die

Vorrichtung einen Behälter (4), welcher zu Beginn des Klimatisierungsbetriebes vollständig mit mit Wasser beladenem Speichermedium, das ebenfalls wieder engporiges Kieselgel wie in dem Behälter (1) ist, enthält. Die für den Regeneriervorgang erforderliche Heizungseinrichtung ist mit (H) bezeichnet. Zum vollständigen Beladen des Speichermediums im Behälter (4) kann die beim Regenerieren zugeführte Luft durch Durchleiten durch oder Berieseln mit Wasser bei (D) mit Wasser vollständig oder weitgehend vollständig gesättigt werden.

Für die Regenerierung erforderliche Leitungen sind gestrichelt dargestellt.

Zu Beginn des Betriebes tritt feuchte Umgebungsluft, d. h. aus der Atmosphäre angesaugte Luft, mit einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt, wie er gerade gegeben ist, in den ersten Behälter (1) ein und wird durch das trockene Speichermedium vollständig von ihrem Wassergehalt befreit. Hierbei wird das trockene Speichermedium fortschreitend in die mit Wasser beladene Form umgewandelt. Die den Behälter (1) verlassende getrocknete Luft tritt dann in den Behälter (2) ein, und gibt hierin ihre beim Trocknungsvorgang aufgenommene Wärme an die Wärmespeicherschüttung ab. Mit fortschreitendem Betrieb wandert die Temperaturzone durch diese Wärmespeicherschüttung. Die aus dem Behälter (2) austretende, trockene, gekühlte Luft wird dann in den Behälter (4) eingeführt, der zu Beginn des Klimatisierungsbetriebes vollständig mit mit Wasser beladenem Speichermedium gefüllt ist. Diese trockene, in der Wärmespeicherschüttung abgekühlte Luft nimmt aus dem mit Wasser beladenen Speichermedium Wasser auf und erfährt gleichzeitig eine Temperaturenniedrigung, so daß sie nach dem Austritt aus dem Behälter (4) auf einer niedrigen Temperatur vorliegt und für Klimatisierungszwecke benutzt werden kann.

In der Fig. 2 ist eine andere Ausführungsform gezeigt, wobei hier neben den Behältern (1) und (4) für Speichermedium zwei Behälter (2), (3) für Wärmespeicherschüttungsmaterial vorgesehen sind. Die Umschalteneinrichtungen sind nicht gezeigt. Bei dieser Ausführungsform kann, wenn die Kühlkapazität einer Wärmespeicherschüttung erschöpft ist, auf die zweite Wärmespeicherschüttung umgeschaltet werden, so daß dann die erste Wärmespeicherschüttung herabgekühlt werden kann. In der Figur sind die zum Kühlen der Wärmespeicherschüttungen erforderlichen Leitungen nur mit Pfeilen angedeutet.

Die in der Fig. 3 gezeigte Ausführungsform umfaßt zwei Vorrichtungen, wie sie bereits in der Fig. 1 dargestellt sind, wobei die linke Vorrichtung im Klimatisierungsbetrieb und die rechte Vorrichtung im Regenerierungsbetrieb zu gleicher Zeit gefahren werden kann, wobei nach Erschöpfung der Klimatisierungskapazität der einen Vorrichtung diese auf Regenerierungsbetrieb umgeschaltet wird und die vorher im Regenerierungsbetrieb gefahrene und regenerierte zweite Vorrichtung auf Klimatisierungsbetrieb geschaltet werden kann.

In der Fig. 4 ist eine weitere Ausführungsform mit zwei abwechselnd aufeinanderfolgenden Stufen (I_1) bzw. (I_2) und (II_1) bzw. (II_2) dargestellt. Diese Ausführungsform wird insbesondere bei sogenanntem Treibhausklima eingesetzt. Zunächst tritt Umgebungsluft, z. B. Luft relativ hoher Temperatur und hoher relativer Feuchte (30 °C und 100 % r) in das erste trockene Speichermedium in dem Behälter (1) und wird dann in das Wärmespeicherschüttungsmaterial in dem Behälter (2) geleitet, wobei ihre Temperatur auf die Temperatur der Wärmespeicherschüttung erniedrigt wird. Anschließend wird die Luft erneut durch trockenes Speichermedium in dem Behälter (7) geleitet, dann durch ein zweites Wärmespeicherschüttungsmaterial in dem Behälter (8). Danach wird die nun weitgehend getrocknete und abgekühlte Luft in der Stufe (III) unter Wasseraufnahme und weiterer Temperaturenniedrigung durch mit Wasser beladenes Speichermedium in dem Behälter (4) geleitet.

Aufgrund erster orientierender Versuche und der hierauf durchgeführten Berechnungen kann erwartet werden, daß folgende Klimatisierungseffekte bei Anwendung des Verfahrens erzielt werden können. Hierbei wurde engporiges Kieselgel mit einer maximalen Wasseraufnahme von 39,4 Gew.-% seines Eigengewichtes und ein Basaltmaterial als Materialien für das Speichermedium bzw. die Wärmespeicherschüttung verwendet.

Beispiel 1:

Das Verfahren wird entsprechend dem in Fig. 1 gezeigten Schema durchgeführt. Die Umgebungsluft besitzt eine Temperatur von 30 °C und eine relative Feuchte $r = 50$ %. Zu Beginn liegt das Kieselgel in der Kolonne (1) in weitgehend getrocknetem Zustand mit einer Restwasserbeladung von $C_1 = 0,08$ (kg H₂O/kg Kieselgel) vor. Nach dem Durchgang durch die Kolonne (1) ist die Temperatur der Luft auf 55 °C angestiegen. In der Wärmespeicherschüttung wird die Temperatur dieser Luft auf 30 °C erniedrigt, anschließend wird diese gekühlte Luft in mit Wasser vollständig beladenes Kieselgel mit einer Beladung von $C_1 = 39,4$ eingeleitet. Nach dem Austritt aus diesem Kieselgel in der Kolonne (4) ergibt sich eine Lufttemperatur von 15,9 °C.

Beispiel 2:

Das Verfahren wird entsprechend dem in Fig. 4 gezeigten Schema durchgeführt. Die Umgebungsluft besitzt wieder eine Temperatur von 30 °C und eine relative Feuchte $r = 50$ %. Das Kieselgel in den Kolonnen (1) und

(7) hat eine Wasserbeladung von $C_1 = 0,08$. Nach Durchgang durch die Kolonne (1) beträgt die Temperatur, ebenso wie beim Beispiel 1, wieder 55 °C. Diese Temperatur wird in der ersten Wärmespeicherschüttung (2) auf 30 °C erniedrigt. Die Luft wird dann mit dieser Temperatur in die zweite Speichermediumkolonne (7) eingeleitet, an deren Ausgang ihre Temperatur wieder auf 45 °C angestiegen ist. Beim Durchleiten durch die zweite Wärmespeicherschüttung in der Kolonne (8) wird die Temperatur wieder auf 30 °C erniedrigt. Beim anschließenden Durchleiten durch vollständig mit Wasser beladenes Kieselgel in der Kolonne (4) wird die Temperatur der Luft durch die hierbei erfolgte Wasseraufnahme auf 11,6 °C abgesenkt.

Beispiel 3:

Die Arbeitsweise von Beispiel 1 wird wiederholt, wobei jedoch eine Umgebungsluft von 30 °C und relativer Feuchte $r = 100\%$, d. h. sogenannte Treibhausluft, verwendet wird. Nach dem Durchgang durch die Kieselgelkolonne (1) wird eine Temperaturerhöhung auf 66,3 °C und nach dem Durchgang durch die Kolonne (4) mit mit Wasser beladenem Kieselgel eine Temperaturerniedrigung auf lediglich 23,9 °C gefunden.

Beispiel 4:

Die Arbeitsweise von Beispiel 2 wird wiederholt, wobei jedoch eine Umgebungsluft von 30 °C und einer relativen Feuchte von $r = 100\%$ verwendet wird. Nach dem Durchgang durch die Kieselgelkolonne (7) ergibt sich eine Temperatur der austretenden Luft von 58,5 °C und nach dem Durchgang durch die mit Wasser beladenes Kieselgel enthaltende Kolonne (4) eine Endtemperatur von 15,2 °C.

Beispiel 5:

Dieses Beispiel betrifft die Regenerierung der nach dem Klimatisierungsbetrieb mit Wasser mehr oder minder vollständig beladenen Speichermedien in den Kolonnen (1) bzw. (1) und (7).

Es hat sich gezeigt, daß bei Verwendung von Kieselgel nur eine Regeneriertemperatur von 70 °C bei Luft 30 °C und 50 % relativer Feuchte oder von 80 °C bei Luft von ebenfalls 30 °C, jedoch mit 100 % relativer Feuchte ausreichend ist, um vollständig oder weitgehend vollständig mit Wasser beladenes Kieselgel auf eine Wasserbeladung von $C_1 < 0,08$ zu bringen, d. h. zu regenerieren, so daß es dann als "trockenes Speichermedium" wieder beim Klimatisierungsvorgang eingesetzt werden kann.

Bei dem Verfahren ist es möglich, die in dem Wärmespeicherschüttungsmaterial enthaltene Wärme für den Regeneriervorgang auszunutzen. Im Falle der Beispiele 1 und 2, bei welcher beim Regeneriervorgang die Luft in umgekehrter Richtung durch die Wärmespeicherschüttung durchgeleitet wird, hat die Luft beim Austritt eine Temperatur von 55 °C, so daß durch zusätzliches Aufheizen nur mehr die Temperaturerhöhung auf 70 °C bzw. 80 °C bewerkstelligt werden muß. Durch geeignete Steuerung kann die jeweils erforderliche Temperatur außerdem leicht eingeregelt werden.

Im Fall der Beispiele 3 und 4 beträgt die Temperatur der aus der Wärmeschüttung austretenden Luft sogar 66,3 °C, so daß eine noch geringere Wärmemenge zur weiteren Aufheizung auf 70 °C bzw. 80 °C oder auch eine andere gewünschte Regeneriertemperatur erforderlich ist.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Klimatisieren, bei welchem in einer ersten Stufe feuchte Umgebungsluft von der in ihr enthaltenen Feuchtigkeit ganz oder weitgehend durch Durchleiten durch ein trockenes Speichermedium befreit wird, in einer zweiten Stufe die getrocknete Luft ohne Veränderung des Luftfeuchtigkeitsgehaltes gekühlt wird und in einer dritten Stufe die getrocknete und abgekühlte Luft unter Wasseraufnahme weiter abgekühlt wird, dadurch gekennzeichnet, daß
 - a) in der zweiten Stufe die Kühlung mit Hilfe einer Wärmespeicherschüttung durchgeführt wird, und daß
 - b) in der dritten Stufe die Wasseraufnahme durch Durchleiten der getrockneten, abgekühlten Luft durch mit Wasser beladenes Speichermedium bewerkstelligt wird, wobei in der ersten und dritten Stufe dasselbe Speichermedium verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Wärmespeicherschüttung in Stufe a) ein Olivin- oder Basaltmaterial verwendet wird.

- 5 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die feuchte Umgebungsluft vor Durchführung der dritten Stufe b) nacheinander durch ein erstes trockenes Speichermedium, durch eine erste Wärmespeicherschüttung, durch ein zweites trockenes Speichermedium und durch eine zweite Wärmespeicherschüttung geleitet wird.

10

Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

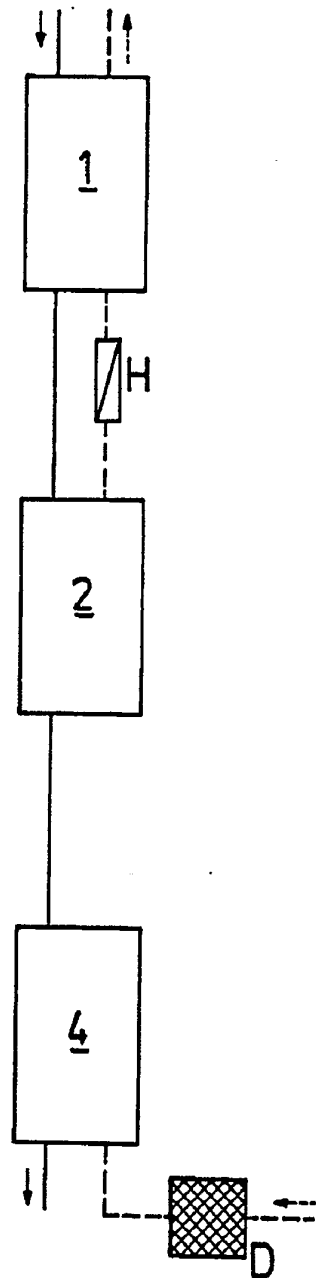


FIG. 1

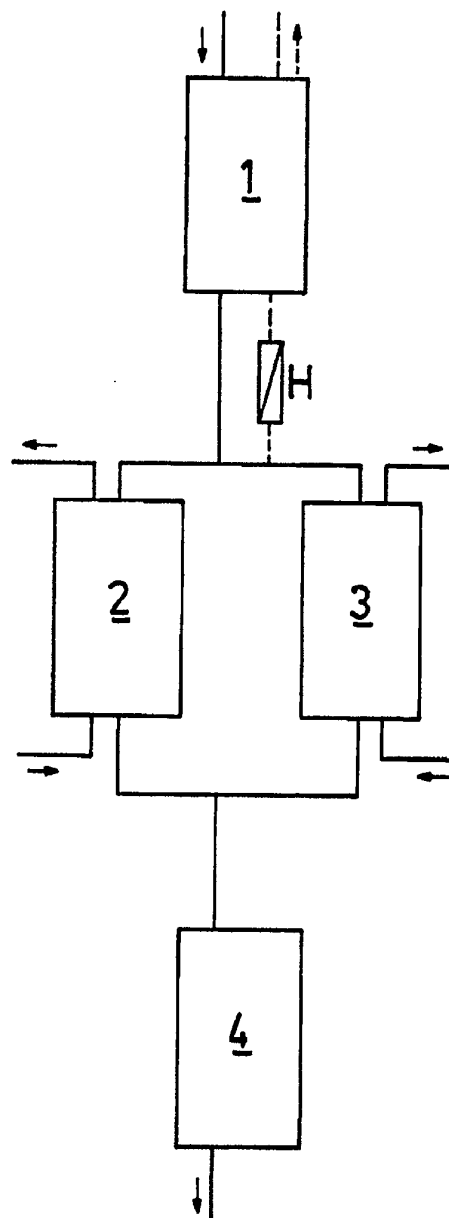


FIG. 2

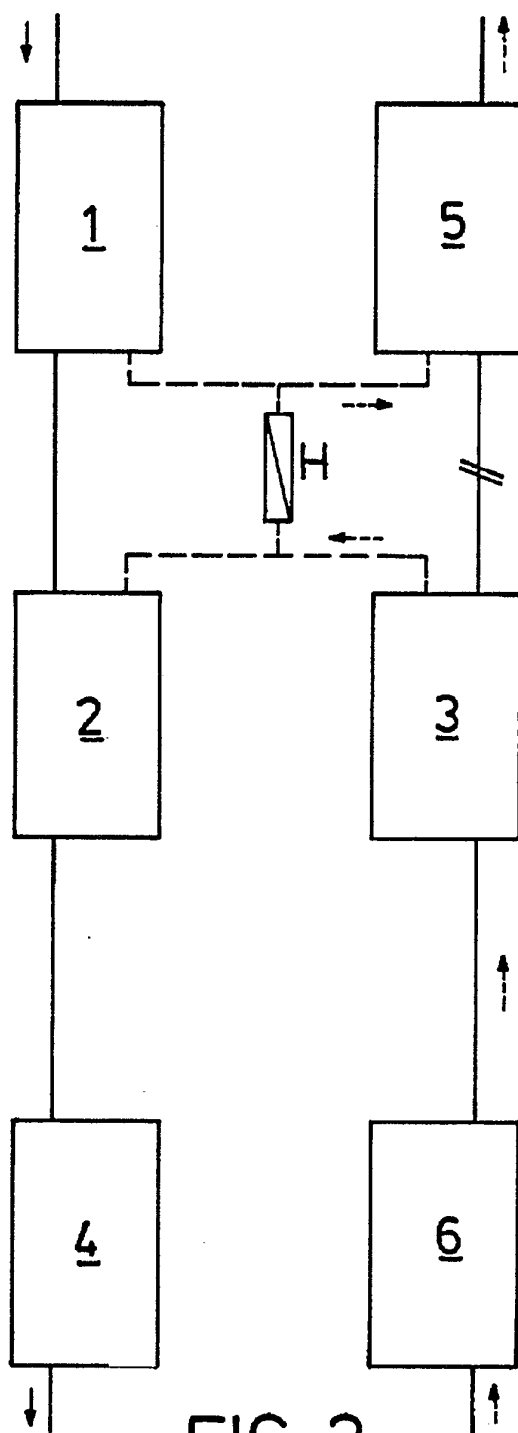


FIG. 3

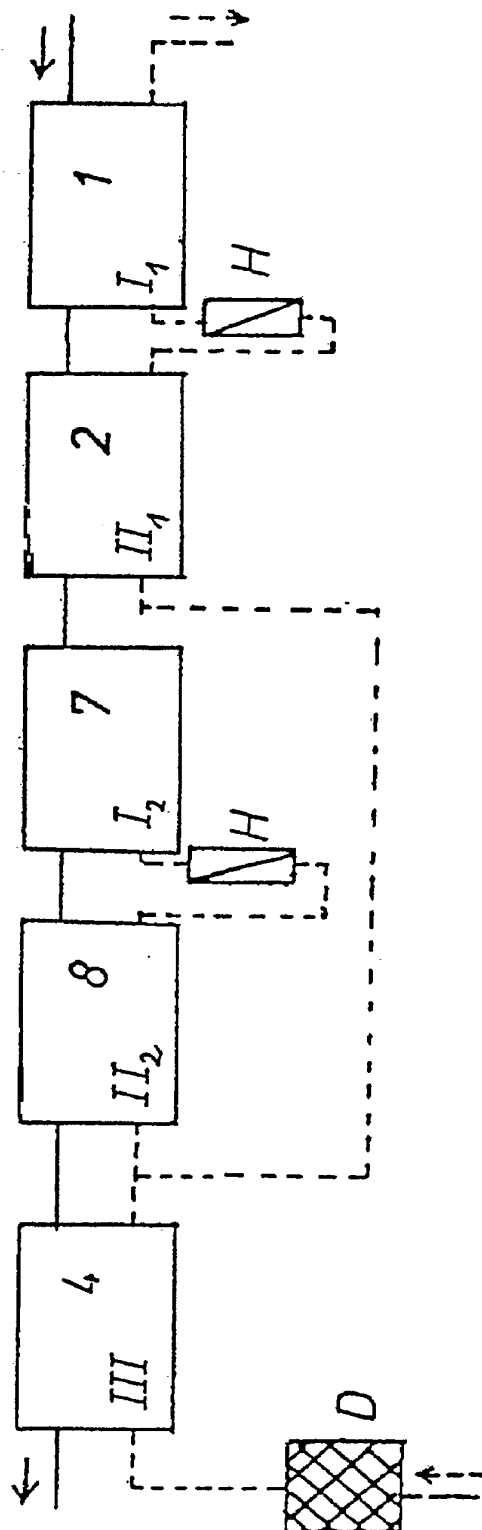


Fig. 4