



(11)

EP 1 953 489 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
07.07.2010 Patentblatt 2010/27

(51) Int Cl.:
F28D 17/04^(2006.01) F28D 17/02^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08000656.2**

(22) Anmeldetag: **15.01.2008**

(54) **Dynamischer Wärmespeicher sowie Verfahren zum Speichern von Wärme**

Dynamic heat exchanger and method for exchanging heat

Accumulateur thermique dynamique et procédé d'accumulation thermique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **29.01.2007 DE 102007005331**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.08.2008 Patentblatt 2008/32

(73) Patentinhaber: **KBA-MetalPrint GmbH
70435 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder: **Hänel, Mathias
74394 Hessigheim (DE)**

(74) Vertreter: **Grosse, Rainer et al
Gleiss Grosse Schrell & Partner
Leitzstrasse 45
70469 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 2 944 806 US-A- 3 207 493

EP 1 953 489 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Wärmespeicher mit einer Wärmespeicherstruktur.

[0002] Es sind Wärmespeicher bekannt, die ein Gehäuse aufweisen, das mit einem wärmespeichernden Material, insbesondere keramischen Material, gefüllt sind. Zum Laden des Wärmespeichers wird ein heißer Mediumstrom durch das Material geleitet, sodass sich dieses aufheizt. Zum Entladen wird ein kalter Mediumstrom durch das heiße Material geleitet, wodurch sich der Mediumstrom aufheizt und als heißer Mediumstrom zur Verfügung steht. Als keramisches Material werden insbesondere keramische Wabensteine eingesetzt. Es sind auch Schüttkörper und/oder Platten einsetzbar. Diese weisen eine Vielzahl von Durchströmungskanälen für das Medium auf. Das Einbringen von Wärme und die Entnahme von Wärme erfolgen in Abhängigkeit der Energieströme bei der Be- und Entladung, wobei diese Energieströme unterschiedlich groß sein können. Hierdurch kann es lokal zu Temperaturerhöhungen in der Wärmespeicherstruktur des Wärmespeichers kommen. Beim Einbringen von Wärme in das wärmespeichernde Material stellt sich ein Wärmeprofil ein, das heißt die höchste Temperatur weist das wärmespeichernde Material eingangsseitig auf. Die Temperatur des wärmespeichernden Materials nimmt in Richtung auf den Ausgang des Speichers ab. Entsprechendes gilt für die Temperaturverteilung beim Entnehmen von Wärme. Ruht der Speicher, wird also keine Wärmeenergie eingetragen oder entnommen, so vergleichmäßig sich die Temperatur über das Volumen der Wärmespeicherstruktur von der warmen zur kalten Seite hin.

[0003] Aus der US-A-2 944 806 ist ein Wärmespeicher mit einer Wärmespeicherstruktur bekannt, die zwei Speicherelemente aufweist, die zum Laden von einem Medium durchströmt werden und dabei jeweils durch Temperaturschichtung ein heißes Ende und ein kaltes Ende ausbilden.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Wärmespeicher mit einer Wärmespeicherstruktur zu schaffen, bei dem ein gewünschter insbesondere horizontaler und/oder vertikaler Temperaturverteilungszustand auch bei längeren Ruhepausen beibehalten wird. Insbesondere wird ein reproduzierbarer Zustand beibehalten, sodass eine optimale Betriebsführung mit hohem Wirkungsgrad möglich ist.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Wärmespeicherstruktur des Wärmespeichers mindestens zwei Speicherelemente aufweist, die zum Laden von einem Medium durchströmt werden und dabei jeweils durch Temperaturschichtung ein "heißes Ende" und ein "kaltes Ende" ausbilden, wobei eine Mediumspüleinrichtung vorgesehen ist, die in einem Spülbetrieb des Wärmespeichers mindestens einen kalten Mediumspülstrom erzeugt und in das kalte Ende von mindestens einem der Speicherelemente einleitet, wobei der dadurch aus dem heißen Ende des genannten Speicher-

elements austretende, heiße Mediumspülstrom über mindestens einen Spülleitweg in das im geladenen Zustand heiße Ende des mindestens einen anderen Speicherelements eintritt. Mittels des Mediumspülstromes, der insbesondere im Ruhezustand des Wärmespeichers von der Mediumspüleinrichtung erzeugt wird, wird also das kalte Ende des mindestens einen Speicherelements beaufschlagt. Der Spülmediumstrom durchsetzt das Speicherelement in entgegengesetzter Richtung zum Mediumladestrom. Der Mediumladestrom hat beim Durchströmen des Speicherelements ein Wärmeprofil erzeugt, das heißt, in der Eintrittszone ist das Speicherelement heißer als in der Austrittszone. Dadurch ergibt sich eine Temperaturschichtung, ausgehend vom heißen Ende zum kalten Ende, wobei letzteres das Austrittsende des Speicherelements für den Mediumladestrom darstellt. Wird nun der Mediumspülstrom, der relativ zum Mediumladestrom eine niedrigere Temperatur aufweist, also "kalt" ist, in das kalte Ende des geladenen Speicherelements eingeleitet, so erwärmt sich der Mediumspülstrom beim Durchsetzen des Speicherelements und tritt als heißer Mediumspülstrom aus dem heißen Ende des erwähnten Speicherelements aus. Dieser heiße Mediumspülstrom wird nun über den mindestens einen Spülleitweg in das im geladenen Zustand heiße Ende des mindestens einen anderen Speicherelements eingeleitet. Das heiße Ende dieses anderen Speicherelements ist das Ende, das beim üblichen Laden mit einem heißen Mediumladestrom beaufschlagt wird. Der Zustand "heißes Ende" liegt bei dem anderen Speicherelement nur dann vor, wenn eine entsprechende Aufladung erfolgt ist. Deshalb wurde die Formulierung "im geladenen Zustand heißes Ende" gewählt, was also nicht bedeutet, dass beim Einleiten des heißen Mediumspülstroms in das (heiße) Ende des anderen Speicherelements ein geladenes Speicherelement vorliegen muss, also ein heißes Ende mit hoher Temperatur vorliegen muss. Es kann sich hierbei deshalb auch um ein ungeladenes oder teilgeladenes anderes Speicherelement handeln, also ein Speicherelement, das noch kein oder ein entsprechend ausgeprägtes Temperaturprofil aufweist. Vorzugsweise ist jedoch vorgesehen, dass auch das andere Speicherelement einen geladenen oder zumindest teilgeladenen Zustand aufweist, dass also der aus dem einen Speicherelement austretende heiße Mediumspülstrom auf das heiße Ende des anderen Speicherelements trifft. Aufgrund dieses Vorgehens bleibt die vorhandene, durch den Ladevorgang erzeugte Temperaturschichtung in einem ersten Speicherelement vorhanden, da das kalte Ende durch den kalten Mediumspülstrom "geköhlt" wird und der aus dem heißen Ende austretende heiße Mediumspülstrom dem heißen Ende des anderen, zweiten Speicherelements zugeführt wird. Demgemäß sorgt der heiße Mediumspülstrom in dem zweiten Speicherelement ebenfalls für eine Beibehaltung seines Temperaturprofils, also seiner Temperaturschichtung, da sich der heiße Mediumspülstrom im Zuge des Durchsetzens des anderen Speicherelements ab-

kühlt, sodass das andere Speicherelement eintrittsseitig eine höhere Temperatur als austrittsseitig in Bezug auf die Durchströmungsrichtung des Mediumspülstroms aufweist. Insbesondere ist vorgesehen, dass bei einer längeren Stillstandszeit diese Spülung mit dem Mediumspülstrom wiederholt wird, wobei dann vorzugsweise das kalte Ende des anderen, zweiten Speicherelements mit einem kalten Mediumspülstrom beaufschlagt wird, der aus dem heißen Ende des zweiten Speicherelements austritt und dem heißen Ende des einen, ersten Speicherelements zugeleitet wird. Diese Vorgänge können wiederholt werden. Mithin erfolgt hierdurch ein Hin- und Herpendeln der mittels des jeweiligen Mediumspülstroms transportierten Energie unter Beibehaltung der Temperaturschichtungen der mindestens beiden Speicherelemente. Eine Vergleichmäßigung der Temperaturen der Speicherelemente ist damit verhindert, sodass reproduzierbare Verhältnisse vorliegen und für das Laden und Entladen jeweils im Wesentlichen gleichbleibende Temperaturen zur Verfügung gestellt werden, das heißt, die Austrittstemperatur des Ladestroms aus dem kalten Ende des mindestens einen, ersten Speicherelements ist stets in etwa gleichbleibend und die Entnahmetemperatur beim Entladen des mindestens einen, ersten Speicherelements ist ebenfalls reproduzierbar, sodass nachgeschaltete Wärmenutzungsprozesse mit optimalem Wirkungsgrad geführt werden können.

[0006] Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die heißen Enden obere Enden und die kalten Enden untere Enden der Speicherelemente bilden. Die Speicherelemente weisen demgemäß eine Vertikalerstreckung auf, wobei in die oberen Enden der Mediumladestrom eingeleitet wird, der aus den unteren Enden wieder austritt. Der kalte Mediumspülstrom tritt in das untere Ende mindestens eines Speicherelements ein. Der dadurch erzeugte heiße Mediumspülstrom tritt aus dem oberen Ende dieses Speicherelements aus und wird in das obere Ende mindestens eines weiteren Speicherelements eingeleitet und tritt als kalter Mediumspülstrom aus dem unteren Ende des letztgenannten Speicherelementes wieder aus.

[0007] Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass der die mindestens zwei Speicherelement an ihren heißen Enden verbindende Spülleitweg als oberhalb der Speicherelemente angeordnete, sich über diese zumindest teilweise erstreckende, gemeinsame Verbindungskammer ausgebildet ist. Mithin sind die Speicherelemente an ihren heißen Enden über die gemeinsame Verbindungskammer kommunizierend miteinander verbunden, sodass der heiße Mediumspülstrom aus mindestens einem Speicherelement in mindestens ein anderes Speicherelement, und zwar in dessen heißes Ende, eintreten kann.

[0008] Ferner ist es vorteilhaft, wenn oberhalb jedes der Speicherelemente mindestens eine erste Mediumöffnung liegt. Insbesondere ist vorgesehen, dass die ersten Mediumöffnungen im Ladebetrieb des Wärmetauschers erste Wärmeeinbringöffnungen und im Entlade-

betrieb des Wärmespeichers erste Wärmeaustragsöffnungen bilden. Die Verbindungskammer weist bevorzugt die ersten Mediumöffnungen auf. Demzufolge kann der Mediumladestrom über die jedem Speicherelement zugeordnete erste Mediumöffnung dem entsprechenden Speicherelement von oben her zugeführt werden, wobei der Mediumladestrom aus der eine erste Wärmeeinbringöffnung bildenden ersten Mediumöffnung nach unten gerichtet austritt, die Verbindungskammer im Wesentlichen vertikal durchsetzt und auf das obere Ende des erwähnten, zugeordneten Speicherelements tritt. Beim Entladebetrieb des Wärmespeichers wird ein kalter Mediumstrom dem unteren Ende des betrachteten Speicherelements zugeführt. Er durchströmt - nach oben hin - das Speicherelement und erwärmt sich dabei. Er tritt als heißer Mediumentladestrom aus dem oberen, heißen Ende des Speicherelements aus und durchströmt vertikal die Verbindungskammer und gelangt dann zur ersten Mediumöffnung, die - in diesem Betriebsfall - eine erste Wärmeaustragsöffnung bildet und strömt von dort über ein Kanalsystem zu einer Wärmeverwertungsstelle. Im bereits erläuterten Spülbetrieb strömt ein kalter Mediumspülstrom in das kalte, untere Ende mindestens eines geladenen Speicherelements ein und tritt aus dem oberen, heißen Ende dieses Speicherelements aus. Nunmehr wird der heiße Mediumspülstrom in der Verbindungskammer umgelenkt, derart, dass er zum Beispiel im Zuge einer 180°-Umlenkung dem heißen Ende mindestens eines anderen Speicherelements zugeführt wird.

[0009] Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass jeder der ersten Mediumöffnungen ein erstes Absperr-/Querschnittsverstellelement - in Strömungsrichtung des Mediums beim Ladebetrieb gesehen - vorgelagert ist. Ferner ist es vorteilhaft, wenn die ersten Absperr-/Querschnittsverstellelemente - in Strömungsrichtung des Mediums beim Ladebetrieb gesehen - der Verbindungskammer vorgelagert sind. Durch Schließen eines ersten Absperr-/Querschnittsverstellelements wird im Ladebetrieb diesem Speicherelement kein oder über ein anderes Absperr-/Querschnittsverstellelement und die Verbindungskammer nur noch ein sehr kleiner Mediumladestrom zugeführt. Je nachdem, ob die ersten Absperr-/Querschnittsverstellelemente entsprechender Speicherelemente geöffnet oder geschlossen sind, erfolgt ein Laden oder Nichtladen des zugehörigen Speicherelements. Demgemäß kann der Ladevorgang durch gezieltes Zuführen des Mediumladestroms zu gewünschten Speicherelementen gesteuert oder geregelt werden. Ein geschlossenes Absperr-/Querschnittsverstellelement eines Speicherelements führt im Spülbetrieb dazu, dass der aus dem zugehörigen Speicherelement austretende heiße Mediumspülstrom nicht einem externen Wärmeverbraucher zugeführt wird, sondern über die Verbindungskammer umgelenkt und mindestens einem anderen Speicherelement zugeführt wird. Unabhängig von der Betriebsart führt der Grad des Absperrrens oder des Öffnens eines Absperr-/Querschnitts-

verstellelements stets dazu, dass der zugehörige Mediumstrom in seinem Volumenstrom einstellbar ist.

[0010] Die ersten Absperr-/Querschnittsverstellelemente können bevorzugt als erste Klappen ausgebildet werden. Die Ausbildung als Klappen stellt eine robuste und einfache Lösung dar.

[0011] Unterhalb jedes der Speicherelemente ist mindestens eine zweite Mediumöffnung vorgesehen.

[0012] Die zweiten Mediumöffnungen bilden im Ladebetrieb des Wärmespeichers Mediumrückführöffnungen für den im Kreislauf geführten Mediumladestrom. Im Entladebetrieb des Wärmespeichers bilden die zweiten Mediumöffnungen Mediumzuführöffnungen. Im Ladebetrieb durchsetzt der Mediumladestrom oder mindestens ein Anteil davon mindestens ein Speicherelement und tritt aus dem unteren, kalten Ende des Speicherelements aus und gelangt zur zugehörigen zweiten Mediumöffnung. Von dort wird der nunmehr kalte Mediumladestrom zu einer Wärmequelle zurückgeführt, um dort wieder erhitzt zu werden, sodass er als heißer Mediumladestrom wieder zum Wärmespeicher geführt werden kann. Demzufolge liegt ein Mediumkreislauf vor. Natürlich ist die Funktion des Wärmespeichers auch bei einem Ausführungsbeispiel denkbar, bei dem kein geschlossener Kreislauf vorliegt. Im Falle des Entladens tritt ein heißer Mediumentladestrom aus dem oberen, heißen Ende des betrachteten Speicherelements aus und wird einem Wärmeverbraucher zugeführt. Der Wärmeverbraucher kühlt den Mediumentladestrom ab. Dieser wird anschließend zum Wärmespeicher zurückgeführt, indem er durch die zweite Mediumöffnung, also die Mediumzuführöffnung in das untere, kalte Ende des zugehörigen Speicherelements eintritt und das Speicherelement nach oben hin durchsetzt, wodurch er sich erhitzt und als heißer Mediumentladestrom wieder dem Wärmeverbraucher zugeführt werden kann. Auch in diesem Falle ist ein Mediumkreislauf ausgebildet.

[0013] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass jedes der mindestens zwei Speicherelemente mit seinem kalten Ende an eine Einzelkammer angrenzt, wobei die Einzelkammern unterhalb der Speicherelemente angeordnet sind. Die jeweilige Einzelkammer stellt sicher, dass das Medium den gesamten Querschnitt des jeweils zugeordneten Speicherelements bestromen kann. Die jeweilige Einzelkammer stellt demzufolge eine Mediumverteilungskammer dar, sowohl für den Ladebetrieb und den Entladebetrieb als auch für den Spülbetrieb. In ähnlicher Weise wirkt auch der jeweils oberhalb eines Speicherelements liegende Bereich der Verbindungskammer.

[0014] Vorzugsweise ist jeder der zweiten Medienöffnungen ein zweites Absperr-/Querschnittsverstellelement - in Strömungsrichtung des Mediums beim Entladebetrieb gesehen - vorgelagert. Insbesondere ist vorgesehen, dass die zweiten Absperr-/Querschnittsverstellelemente - in Strömungsrichtung des Mediums beim Entladebetrieb gesehen - den Einzelkammern vorgelagert sind.

[0015] Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass der zugehörige Mediumladestrom beziehungsweise Mediumentladestrom seitlich aus den Einzelkammern austritt beziehungsweise seitlich in die Einzelkammern eintritt. Vorzugsweise weisen die Einzelkammern die zweiten Mediumöffnungen auf. Diese sind an den Seiten der Einzelkammern ausgebildet. Die Einzelkammern weisen bevorzugt Wandungen auf, denen die zweite Absperr-/Querschnittsverstellelemente zugeordnet sind. Vorzugsweise erfolgt eine Anströmung beziehungsweise Abströmung des Mediums seitlich in die Einzelkammern hinein beziehungsweise seitlich aus den Einzelkammern heraus.

[0016] Nach einer Weiterbildung der Erfindung sind die Speicherelemente in Speicherkammern eines Gehäuses eines Wärmespeichers angeordnet. Bevorzugt sind die Speicherkammern benachbart zueinander ausgebildet und mittels mindestens einer gemeinsamen Trennwand voneinander getrennt. Bei der Trennwand handelt es sich bevorzugt um eine Vertikalwand. Auch die Einzelkammern liegen bevorzugt benachbart zueinander und werden mittels einer gemeinsamen Abtrennwand voneinander getrennt.

[0017] Als Medium wird bevorzugt Gas, insbesondere Luft eingesetzt.

[0018] Die Speicherelemente weisen bevorzugt keramisches Material auf, was ein hohes Wärmespeichervermögen garantiert. Insbesondere sind die Speicherelemente aus Einzelelementen zusammengesetzt. Als Einzelelemente können zum Beispiel Satteltkörper und/oder Kugeln als Schüttgut eingesetzt werden.

[0019] Zusätzlich oder alternativ können die Einzelelemente bevorzugt als Wabensteine ausgebildet sein. Die Wabensteine weisen Mediumdurchströmungskanäle auf, sodass sehr große Wärmetausflächen bei niedrigen Strömungsverlusten zur Verfügung stehen.

[0020] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Speichern von Wärme in einem Speicherelemente aufweisenden Wärmespeicher, insbesondere in einem Wärmespeicher wie vorstehend beschrieben, mit den Schritten: Einleiten eines heißen Mediums in mindestens ein Speicherelement zum Laden und Ausbilden eines heißen und eines kalten Endes aufgrund von Temperaturschichtung im Speicherelement, Einleiten mindestens eines kalten Mediumspülstroms in das kalte Ende des Speicherelements und Einleiten des dadurch aus dem heißen Ende des Speicherelements austretenden heißen Mediumspülstroms in ein im geladenen Zustand heißes Ende mindestens eines weiteren Speicherelements.

[0021] Bevorzugt ist vorgesehen, dass das Einleiten des mindestens einen kalten Mediumspülstroms - wie vorstehend beschrieben - mehrfach derart durchgeführt wird, dass mittels des heißen Mediumspülstroms Wärme zwischen mindestens zwei Speicherelementen hin- und hertransportiert wird. Die Wärme wird somit von dem einen Speicherelement auf das andere Speicherelement übertragen und danach wiederum von dem anderen Speicherelement zum einen Speicherelement und so

weiter. Stets wird hierdurch die Temperaturschichtung, also das Temperaturprofil des jeweiligen Speicherelements, aufrechterhalten.

[0022] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0023] Die Zeichnungen veranschaulichen die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels, und zwar zeigt:

- | | |
|-----------------|---|
| Figur 1 | eine Wärmespeicheranlage mit einem Wärmespeicher, |
| Figur 2 | den Wärmespeicher der Figur 1 in schematischer perspektivischer Ansicht, |
| Figur 3 | eine der Figur 2 entsprechende Darstellung leicht schräg von unten, |
| Figur 4 | ein Schaltbild der Wärmespeicheranlage gemäß Figur 1, |
| Figur 5 | eine perspektivische Ansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels eines Wärmespeichers und |
| Figuren 6 bis 8 | zwei Seitenansichten sowie eine Draufsicht auf den Wärmetauscher gemäß Figur 5. |

[0024] Die Figur 1 zeigt eine Wärmespeicheranlage 1, die einen Wärmespeicher 2 aufweist. Im beschriebenen Ausführungsbeispiel wird der Wärmespeicher 2 demgemäß mittels einer Wärmequelle 5 betrieben. Die Verwendung des Wärmespeichers 2 kann jedoch auch in Zusammenhang mit mehreren, auch gegebenenfalls verschiedenen Wärmeenergiequellen erfolgen, ohne dass der Gegenstand der Erfindung verlassen wird.

[0025] Im Ausführungsbeispiel der Figur 1 ist die Wärmequelle 5 an einen Mediumkreislauf angeschlossen, wobei als Medium Luft verwendet wird. Im Mediumkreislauf 6 befinden sich zwei Gebläse 7 und 8, wobei mindestens ein Gebläse 7 oder 8 während des Wärmeeintrags durch die Wärmequelle 5 Luft zur Wärmequelle 5 über eine Leitung 9 fördert. Die Luft wird in der Wärmequelle 5 sehr stark erhitzt und die erhitzte Luft wird über eine Leitung 10 einer Abzweigung 11 zugeführt. Von der Abzweigung 11 geht eine Leitung 12 aus, die an einen Wärmeabnehmer 13 angeschlossen ist. Die Heißluft weist vorzugsweise eine Temperatur von mehreren Hundert °C bei insbesondere 1 bar auf. Die den Wärmeabnehmer 13 verlassende Luft, die abgekühlt ist und einen Druck von vorzugsweise 1 bar aufweist, wird mittels des Gebläses 8 und/oder 7 der Wärmequelle 5 erneut zugeführt. Zwischen den beiden Gebläsen 7 und 8 befindet sich ein Abzweig 19, von dem eine Speicherleitung 20 abgeht, die zum Wärmespeicher 2 führt. Ferner zweigt vom Abzweig 11 eine Speicherleitung 21 ab, die eben-

falls zum Wärmespeicher 2 führt. Die Speicherleitung 20 führt zum "kalten Ende" 22 und die Speicherleitung 21 zum "heißen Ende" 23 des Wärmespeichers 2. Auf die Bedeutung der vorstehenden Begriffe wird nachstehen noch näher eingegangen.

[0026] Während des Wärmeeintrags der Wärmequelle 5 lässt sich mittels der Speicherleitung 21 nicht vom Wärmeabnehmer 13 benötigte Wärmeenergie dem Wärmespeicher 2 zuführen, das heißt, ein entsprechender Heißluftstrom wird dem heißen Ende 23 des Wärmespeichers 2 über die Speicherleitung 21 zugeführt. Der den Wärmespeicher 2 aufheizende Heißluftstrom kühlt sich beim Durchströmen des Wärmespeichers 2 von zum Beispiel etwa 700°C (die Temperatur liegt insbesondere im Bereich von 300°C bis 1000°C) auf zum Beispiel 150°C (die Temperatur liegt insbesondere im Bereich von 50°C bis 250°C) ab und verlässt das kalte Ende 22 des Wärmespeichers 2 über die Speicherleitung 20. Anschließend wird die den Wärmespeicher 2 durchströmende Luft wieder der Wärmequelle 5 zugeführt. Selbstverständlich ist es auch möglich, die gesamte Energie der Wärmequelle 5 nur dem Wärmespeicher 2 zuzuführen, wenn beispielsweise der Wärmeabnehmer 13 aus bestimmten Betriebsführungsgründen nicht aktiv ist.

[0027] Eine Entladung des Wärmespeichers 2 wird während Zeitdauern durchgeführt, wenn keine oder keine hinreichende Wärmeenergie von der Wärmequelle 5 geliefert wird. In einem solchen Fall wird das Gebläse 7 ausgeschaltet und die Wärmequelle 5 mittels Schließen zweier Ventile 24 vom Kreislauf abgetrennt. Das Gebläse 8 ist aktiv und führt Luft über die Speicherleitung 20 dem kalten Ende 22 des Wärmespeichers 2 zu. Die Luft durchsetzt den Wärmespeicher 2 und heizt sich zum Beispiel vorzugsweise auf etwa 700°C auf und verlässt den Wärmespeicher 2 über die Speicherleitung 21. Die Heißluft strömt dann über die Leitung 12 zum Wärmeabnehmer 13 (zum Beispiel Wärmetauscher) und von dort wieder zurück zum Gebläse 8. Hieraus wird deutlich, dass der Wärmeabnehmer 13 auch während Zeiten, in denen keine oder keine hinreichende Wärmeenergie von der Wärmequelle 5 geliefert wird, betrieben werden kann.

[0028] Die Figuren 2 und 3 verdeutlichen den Aufbau des Wärmespeichers 2 anhand eines Ausführungsbeispiels. Der Wärmespeicher 2 weist ein Gehäuse 25 auf, das in mehreren Speicherkammern 26 bis 29 unterteilt ist. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel sind vier Speicherkammern 26 bis 29 vorgesehen. In jeder Speicherkammer 26 bis 29 befindet sich ein Speicherelement 30 bis 33, das in der Lage ist, Wärmeenergie zu speichern. Die Speicherelemente 30 bis 33 weisen vorzugsweise keramisches Material, beispielsweise keramische Wabensteine, auf, das heißt, die Speicherelemente 30 bis 33 setzen sich aus Einzelelementen zusammen. Die Speicherkammern 26 bis 29 sind benachbart zueinander angeordnet und mittels gemeinsamer Trennwände 34 bis 37 voneinander getrennt.

[0029] Oberhalb der Speicherkammern 26 bis 29 ist eine gemeinsame Verbindungskammer 38 im Gehäuse

25 ausgebildet, die für das Medium, insbesondere die genannte Luft, eine Verbindung der Speicherelemente 30 bis 33 untereinander schafft.

[0030] Oberhalb jedes der Speicherelemente 30 bis 33 befindet sich eine erste Mediumöffnung 39 bis 42, wobei die ersten Mediumöffnungen 39 bis 42 in einer Deckwand 43 der Verbindungskammer 38 ausgebildet sind.

[0031] Die Speicherleitung 21 teilt sich -gemäß Figur 2- in vier Einzelleitungen 44 bis 47 auf, wobei in den Einzelleitungen 44 bis 47 erste Absperr-/Querschnittsverstellelemente 48 bis 51 angeordnet sind. Die ersten Absperr-/Querschnittsverstellelemente 48 bis 51 sind als Luftklappen, insbesondere Doppelluftklappen, ausgebildet. Die Einzelleitungen 44 bis 47 sind an die ersten Mediumöffnungen 39 bis 42 jeweils entsprechend angeschlossen.

[0032] Unterhalb jedes der Speicherelemente 30 bis 33 beziehungsweise der Speicherkammern 26 bis 29 befinden sich Einzelkammern 52 bis 55, wobei jeweils eine strömungstechnische Verbindung zwischen der entsprechenden Speicherkammer 26 bis 29 und der sich darunter befindlichen Einzelkammern 52 bis 55 besteht. Die Einzelkammern 52 bis 55 liegen benachbart zueinander und sind mittels gemeinsamer Abtrennwände 56 bis 59 voneinander getrennt. Jeder Einzelkammer 52 bis 55 ist eine Umlenkammer 60 bis 63 zugeordnet, wobei die Umlenkkammern 60 bis 63 seitlich am Gehäuse 25 jeweils im Bereich der zugehörigen Einzelkammer 52 bis 55 befinden. Jede Einzelkammer 52 bis 55 ist mit einer zugehörigen Umlenkammer 60 bis 63 über eine zweite Mediumöffnung 64 bis 67 verbunden. Die Umlenkkammern 60 bis 63 weisen Bodenwände 68 bis 71 auf, die mit zweiten Absperr-/Querschnittsverstellelementen 72 bis 75 versehen sind. Die zweiten Absperr-/Querschnittsverstellelemente 72 bis 75 sind bevorzugt als Tellerventile ausgebildet. An die zweiten Absperr-/Querschnittsverstellelemente 72 bis 75 ist die Speicherleitung 20 angeschlossen (in den Figuren 2 und 3 nicht gezeigt).

[0033] Ferner sind seitlich am Gehäuse 25 Umlenkkammern 76 bis 79 angeordnet, die jeweils mit den zugehörigen Einzelkammern 52 bis 55 strömungstechnisch verbunden sind. Die Einzelkammern 52 bis 55 sind über Mediumspülöffnungen 80 bis 83 mit den jeweils zugehörigen Umlenkkammern 76 bis 79 verbunden. Die Umlenkkammern 76 bis 79 weisen Bodenwände 84 bis 87 auf, die mit dritten Absperr-/Querschnittsverstellelementen 88 bis 91 versehen und an eine in den Figuren 2 und 3 nicht dargestellte Mediumspülleitung 92 (Figur 4) angeschlossen sind. Die dritten Absperr-/Querschnittsverstellelemente 88 bis 91 sind bevorzugt als Tellerventile ausgebildet.

[0034] Die Figur 4 verdeutlicht anhand eines Schaltbilds die Wärmespeicheranlage 1. Die Wärmequelle 5 und der Wärmeabnehmer 13 sind jeweils als gestrichelter Kasten dargestellt. Neben den Ventilen 24 sind ferner Ventile 93 vorgesehen, die aus der Figur 1 nicht ersichtlich und dem Wärmeabnehmer 13 zugeordnet sind. Ge-

genüber der Darstellung der Figur 1 ist das dem Gebläse 7 zugeordnete Ventil 24 nicht stromaufwärts, sondern stromabwärts des Gebläses 7 angeordnet, was jedoch funktionsmäßig keinen Unterschied erbringt. Der Figur 4 ist zu entnehmen, dass die Mediumspülleitung 92 von einem Mediumspülgebläse 94 gespeist wird, das über einen Luftfilter 95 Umgebungsluft zu den dritten Absperr-/Querschnittsverstellelementen 88 bis 91 zuführen kann.

[0035] Es ergibt sich folgende Funktion: Zunächst wird davon ausgegangen, dass Wärmeenergie zur Verfügung steht, das heißt, die Wärmequelle 5 liefert Wärmeenergie zum Aufheizen der mittels des Gebläses 7 und/oder des Gebläses 8 im Kreislauf geführten, das Medium bildenden Luft. Die Heißluft wird vorzugsweise 700°C heiß und weist vorzugsweise 1 bar Druck auf. Sie wird über die Leitung 10, das offene Ventil 24, die Leitung 12 und das offene Ventil 93 zum Wärmeabnehmer 13 und von dort zurück über das Gebläse 8, das offene Ventil 93, das Gebläse 7 und das offene Ventil 24 sowie die Leitung 9 zur Wärmequelle 5 zurückgeführt. Es ist aber auch möglich, die Luft über das Gebläse 7 direkt in das Freie abzugeben. Nachdem die Heißluft den Wärmeabnehmer 13 verlassen hat, weist sie vorzugsweise noch 150°C bei einem Druck von 1 bar auf.

[0036] Wird nicht die gesamte Wärmeenergie vom Wärmeabnehmer 13 benötigt, so wird ein Teil der Heißluft am Abzweig 12 abgezweigt und über die Speicherleitung 21 mindestens einem der Speicherelemente 30 bis 33 zugeführt. Die Wahl des Speicherelements 30 bis 33 beziehungsweise der Speicherelemente 30 bis 33 erfolgt durch Öffnen oder teilweises Öffnen der ersten Absperr-/Querschnittsverstellelemente 48 bis 51. Sind beispielsweise alle ersten Absperr-/Querschnittsverstellelemente 48 bis 51 geöffnet, so wird über die gemeinsame Verbindungskammer 38 jeweils ein entsprechender Teilheißluftstrom von oben her den Speicherelementen 30 bis 33 zugeführt. Durch das Hindurchströmen der Heißluft durch die Speicherelemente 30 bis 33 werden diese unter Ausbildung eines Temperaturprofils aufgeheizt. Die Folge ist, dass sie im oberen Bereich ein heißes Ende 23 und im unteren Bereich ein kaltes Ende 22 ausbilden. Es liegt demzufolge ein Temperaturprofil über die Länge des jeweiligen Speicherelements 30 bis 33 vor, wobei das heiße Ende eine Temperatur von vorzugsweise etwa 700° und das kalte Ende eine Temperatur von etwa 150°C, jeweils bei 1 bar Druck besitzt. Dieses Temperaturprofil kann auch als Temperaturschichtung des jeweiligen Speicherelements 30 bis 33 bezeichnet werden. Die das jeweilige Speicherelement 30 bis 33 durchströmte Heißluft verlässt den Wärmespeicher 2 über die jeweils zugeordnete Einzelkammer 52 bis 55 und das entsprechend geöffnete zweite Absperr-/Querschnittsverstellelement 72 bis 75 und gelangt über ein gemeinsames Ventil 96 in der Speicherleitung 20 und über den Abzweig 19 zurück zum Sammler 5, um dort wieder aufgeheizt zu werden.

[0037] Aus dem Vorstehenden wird deutlich, dass durch gezieltes Öffnen beziehungsweise teilweises Öff-

nen oder Sperren der Absperr-/Querschnittsverstellelemente 48 bis 51 sowie 72 bis 75 mit entsprechender Wärmemenge geladen werden können. Auch ist es möglich, nur ein Laden des Wärmespeichers 2 vorzunehmen und den Wärmeabnehmer 13 nicht zu betreiben. Hierzu ist es lediglich erforderlich, die Ventile 93 zu schließen.

[0038] Nachstehend wird davon ausgegangen, dass für einen Entladebetrieb des Wärmespeichers 2 die Ventile 24 geschlossen sind, sodass die Wärmeenergie nur von dem Wärmespeicher 2 geliefert wird. Dieser Betrieb kann beispielsweise erfolgen, wenn keine Energie zur Verfügung steht, der Wärmeerzeuger 5 also keine Wärmeenergie zur Verfügung stellt. Das Gebläse 8 wird hierzu in Betrieb genommen, sodass ein entsprechender Luftstrom über die Leitung 20 und das Ventil 96 sowie die zweiten Absperr-/Querschnittsverstellelemente 72 bis 75 und den jeweiligen Einzelkammern 52 bis 55 den kalten Enden 22 der Speicherelemente 30 bis 33 zugeführt wird. Selbstverständlich ist es möglich, aus der Anzahl der zur Verfügung stehenden Speicherelemente 30 bis 33 nur das oder diejenigen auszuwählen, die gewünscht sind. Die Auswahl kann durch Schließen beziehungsweise Öffnen der entsprechenden zweiten Absperr-/Querschnittsverstellelemente 72 bis 75 erfolgen. Durch den das jeweilige heiße Speicherelement 30 bis 33 durchströmende Mediumstrom heizt sich dieses entsprechend dem im Speicherelement 30 bis 33 vorhandenen Temperaturprofil auf, sodass Heißluft das jeweilige Speicherelement 30 bis 33 mit einer Temperatur von zum Beispiel 700° verlässt und durch die gemeinsame Verbindungskammer 38 sowie die geöffneten ersten Absperr-/Querschnittsverstellelemente 48 bis 51, die Speicherleitung 21 und die Leitung 12 zu dem Wärmeabnehmer 13 gelangt. Danach steht die durch das Passieren des Wärmeabnehmers 13 auf circa 150°C heruntergekühlte Luft wieder für einen neuen Kreislaufdurchgang zur Verfügung.

[0039] Desweiteren ist ein Mischbetrieb für Be- und Entladung des Wärmespeichers 2 möglich. Es kann parallel Wärmeenergie an den Abnehmer gegeben und im Wärmespeicher 2 gesammelt werden. Es kann auch parallel Wärmeenergie an den Abnehmer gegeben und aus dem Wärmespeicher 2 entnommen werden.

[0040] Von besonderer Bedeutung ist, dass -gemäß nachstehendem Vorgehen- während einer Stillstandszeit des Wärmespeichers 2, also wenn diesem weder Wärmeenergie zugeführt wird noch aus ihm Wärmeenergie entnommen wird, keine Vergleichmäßigung der Temperaturschichtung stattfindet. Würde man nichts unternehmen, so wird sich die Temperaturschichtung innerhalb der Speicherelemente 30 bis 33 langsam ausgleichen, sodass nicht mehr das Temperaturgefälle (im vorliegenden Beispielsfall am heißen Ende 23 700°C und am kalten Ende 22 150°C) zur Verfügung steht. Dies hätte jedoch zur Folge, dass der Speicher nicht mehr in vollem Kapazitätsumfang nutzbar wäre, was den Wirkungsgrad der Gesamtanlage entscheidend vermindern würde. Aufgrund einer Spülmöglichkeit einer Mediumspül-

einrichtung 98 ist jedoch vorgesehen, die gewünschte Temperaturschichtung beim Stillstand des Wärmespeichers 2 aufrecht zu erhalten. Hierzu wird mittels des Mediumspülgebläses 94 über den Luftfilter 95 Umgebungsluft angesaugt und -mit nur sehr geringem Volumenstrom, also geringem Durchsatz- beispielsweise über das geöffnete dritte Absperr-/Querschnittsverstellelement 91 und die zugehörige Einzelkammer 55 dem kalten Ende 22 des Speicherelements 33 zugeführt. Diese Luft durchsetzt das Speicherelement 33 von unten nach oben und erhitzt sich dabei im unteren Bereich zum Beispiel auf etwa 150°C und im oberen Bereich, also am heißen Ende 23 zum Beispiel auf 700°C. Die Luft tritt dann am oberen Ende 23 in die Verbindungskammer 38 ein und wird von dort beispielsweise dem Speicherelement 31 zugeführt. Die Verbindungskammer 38 bildet demzufolge einen Spülleitweg 99. Dies erfolgt dadurch, dass die ersten Absperr-/Querschnittsverstellelemente 48 bis 51 geschlossen sind und sich die zweiten Absperr-/Querschnittsverstellelemente 72, 74, 75 ebenfalls in Schließstellung befinden. Geschlossen sind auch die dritten Absperr-/Querschnittsverstellelemente 88, 89 und 90. Nur das zweite Absperr-/Querschnittsverstellelement 73 befindet sich in Offenstellung, sodass die auf circa 700°C aufgeheizte Heißluft von der Verbindungskammer 38 in das heiße Ende 23 des Speicherelements 31 eintritt und das Speicherelement 31 von oben nach unten durchsetzt, sodass die Luft aus dem kalten Ende 22 mit etwa 150°C austritt. Sie wird dann über das zweite Absperr-/Querschnittsverstellelement 73 und ein Auslassventil 97, das an die Speicherleitung 20 angeschlossen ist, und vor dem vorzugsweise geschlossenen Ventil 96 liegt nach außen in die Umwelt abgeführt. Dieser Energieverlust ist nur gering, da kein hoher Volumenstrom gefahren wird. Nach einer gewissen Zeitspanne kann der erwähnte Vorgang umgekehrt werden, das heißt, die entsprechenden Ventile und Elemente werden so geschaltet, dass das Mediumspülgebläse 94 nunmehr das kalte Ende 22 des Speicherelements 31 bestromt und die dadurch in die Verbindungskammer 38 eintretende Heißluft dem heißen Ende 23 des Speicherelements 33 zugeführt wird. Aus alledem wird deutlich, dass durch entsprechendes Schalten der Ventile und Elemente auch andere Speicherelemente 30 bis 33 und auch andere Kombinationen von Speicherelementen 30 bis 33 mit Spülluft versorgt werden können, wodurch jeweils das Temperaturprofil der einzelnen Speicherelemente 30 bis 33 erhalten bleibt. Die Temperaturschichtung wird demzufolge nicht abgebaut, sondern bleibt aufgrund dieses Spülvorgangs beziehungsweise dieser Spülvorgänge im jeweiligen Speicherelement 30 bis 33 auch im Stillstand des Wärmespeichers 2 erhalten.

[0041] Durch eine entsprechende Betriebsführung des Wärmespeichers 2 kann eine Anpassung an entsprechende Energieströme beim Beund Entladen, insbesondere auch im Teillastbetrieb erfolgen, sodass jeweils die Wärmeenergie kontrolliert gespeichert wird und es nicht zu lokalen Temperaturerhöhungen kommt, die

nicht gewünscht sind. Es wird ferner eine Vergleichmäßigung des Temperaturprofils in den Speicherelementen vermieden. Bei einer nicht gewünschten Vergleichmäßigung der Temperaturschichtung erhöht sich bei einer Speicherbeladung die Austrittstemperatur und es verringert sich bei einer Entladung die Austrittstemperatur. Ein derartiger Speicher kann somit nur teilweise genutzt werden und muss für eine volle beziehungsweise Entladung komplett entleert beziehungsweise stillgelegt werden. Die Erfindung vermeidet dies. Stets ist bei der Erfindung vorgesehen, dass die heiße Seite beziehungsweise die heißen Enden der Speicherelemente mit dem Ladestrom und die kalte Seite beziehungsweise die kalten Enden mit Entladeströmen beaufschlagt werden. Zum Stabilisieren und Beibehalten der Temperaturverteilung in den einzelnen Schichten der Speicherelemente wird von der kalten Seite, also vom kalten Ende her, mit Spülluft gespült, welche auf der heißen Seite, also am heißen Ende, auf mindestens ein anderes Speicherelement oder auf verschiedene andere Speicherelemente verteilt wird. Es ist natürlich auch möglich, den Spülmediumstrom gleichzeitig mehreren Speicherelementen zuzuführen, der nach seiner Aufheizung mindestens einem anderen Speicherelement zugeleitet wird. Ziel ist es, bei einer so hoch wie möglichen Beladungsmenge eine maximale Energiemenge zu speichern.

[0042] Die Zeichnungen 5 bis 8 zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Wärmespeichers 2, dessen Aufbau jedoch im Wesentlichen dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel entspricht. Die Figuren 5 bis 8 verdeutlichen ein Ausführungsbeispiel, bei dem -gegenüber der Figur 4- keine ersten Absperr-/Querschnittverstellelemente 48 bis 51 vorgesehen sind. Insofern verläuft die Speicherleitung 21 direkt in die Verbindungskammer 38, wobei sie sich zuvor teilt, um die Luft möglichst gleichmäßig den Speicherelementen 30 bis 33 zuführen zu können. Für die jeweilige Aktivierung beziehungsweise Deaktivierung der Speicherelemente 30 bis 33 ist es ausreichend die Absperr-/Querschnittsverstellelemente 88 bis 91 und/oder 72 bis 75 zu betätigen. Die gemeinsame Speicherleitung 20 ist den Figuren 5 bis 8 deutlich erkennbar (sie ist beim Ausführungsbeispiel der Figuren 2 und 3 nicht eingezeichnet). Der Anschluss der Mediumspülleitung 92 (Figur 4) an die dritten Absperr-/Querschnittsverstellelemente 88 bis 91 ist -der Übersicht halber- in den Figuren 5 bis 8 nicht dargestellt. Ansonsten gelten die Ausführungen zu den Figuren 1 bis 4 auch beim Ausführungsbeispiel der Figuren 5 bis 8 entsprechend.

Patentansprüche

1. Wärmespeicher (2) mit einer Wärmespeicherstruktur, die mindestens zwei Speicherelemente (30 bis 33) aufweist, die zum Laden von einem Medium durchströmt werden und dabei jeweils durch Temperaturschichtung ein heißes Ende (23) und ein kal-

tes Ende (22) ausbilden, **gekennzeichnet durch** eine Mediumspuleinrichtung (98), die in einem Spülbetrieb des Wärmespeichers mindestens einen kalten Mediumspülstrom erzeugt und in das kalte Ende (22) von mindestens einem der Speicherelemente (30 bis 33) einleitet, wobei der **dadurch** aus dem heißen Ende (23) des genannten Speicherelements (30 bis 33) austretende, heiße Mediumspülstrom über mindestens einen Spülleitweg (99) in das im geladenen Zustand heiße Ende (23) des mindestens einen anderen Speicherelements (30 bis 33) eintritt.

2. Wärmespeicher nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die heißen Enden (23) obere Enden und die kalten Enden (22) untere Enden der Speicherelemente (30 bis 33) bilden.
3. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der die mindestens zwei Speicherelemente (30 bis 33) an ihren heißen Enden (23) verbindende Spülleitweg (99) als oberhalb der Speicherelemente (30 bis 33) angeordnete, sich über diese zumindest teilweise erstreckende, gemeinsame Verbindungskammer (38) ausgebildet ist.
4. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** oberhalb der oder jedes der Speicherelemente (30 bis 33) mindestens eine erste Mediumöffnung (39 bis 42) liegt.
5. Wärmespeichers nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet dass** die ersten Mediumöffnungen (39 bis 42) im Ladebetrieb des Wärmespeichers (2) erste Wärmeeinbringöffnungen und im Entladebetrieb des Wärmespeichers (2) erste Wärmeaustragsöffnungen bilden.
6. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungskammer (38) die ersten Mediumöffnungen (39 bis 42) aufweist.
7. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder der ersten Mediumöffnungen (39 bis 42) ein erstes Absperr-/Querschnittsverstellelement (48 bis 51) - in Strömungsrichtung des Mediums beim Ladebetrieb gesehen - vorgelagert ist.
8. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet dass** die ersten Absperr-/Querschnittsverstellelemente (48 bis 51) - in Strömungsrichtung des Mediums beim Ladebetrieb gesehen - der Verbindungskammer (38) vorgelagert sind.

9. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Absperr-/Querschnittsverstellelemente (48 bis 51) als erste Klappen oder erste Tellerventile ausgebildet sind. 5
10. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** unterhalb jedes der Speicherelemente (30 bis 33) mindestens eine zweite Mediumöffnung (64 bis 67) liegt. 10
11. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweiten Mediumöffnungen (64 bis 67) im Ladebetrieb des Wärmespeichers (2) Mediumrückführöffnungen für den Lademediumstrom und im Entladebetrieb Mediumzuführöffnungen für den Entlademediumstrom bilden. 15
12. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes der mindestens zwei Speicherelemente (30 bis 33) mit seinem kalten Ende (22) an eine Einzelkammer (52 bis 55) angrenzt, wobei die Einzelkammern (52 bis 55) unterhalb der Speicherelemente (30 bis 33) angeordnet sind. 20 25
13. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder der zweiten Mediumöffnungen (64 bis 67) ein zweites Absperr-/Querschnittsverstellelement (72 bis 75) - in Strömungsrichtung des Mediums beim Entladebetrieb gesehen - vorgelagert ist. 30
14. Wärmespeicher nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweiten Absperr-/Querschnittsverstellelemente (72 bis 75) - in Strömungsrichtung des Mediums beim Entladebetrieb gesehen - den Einzelkammern (52 bis 55) vorgelagert sind. 35 40
15. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zugehörige Mediumladestrom beziehungsweise Mediumentladestrom seitlich aus den Einzelkammern (52 bis 55) austritt beziehungsweise seitlich in die Einzelkammern (52 bis 55) eintritt. 45
16. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einzelkammern (52 bis 55) die zweiten Mediumöffnungen (64 bis 67) aufweisen. 50
17. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweiten Absperr-/Querschnittsverstellelemente (72 bis 75) als zweite Klappen oder zweite Tellerventile ausgebildet sind. 55
18. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** unterhalb der oder jedes der Speicherelemente (30 bis 33) mindestens eine Mediumspülöffnung (80 bis 83) liegt.
19. Wärmespeicher nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder der Mediumspülöffnungen (80 bis 83) ein drittes Absperr-/Querschnittsverstellelement (88 bis 91) - in Strömungsrichtung eines Mediumspülstroms gesehen - vorgelagert ist.
20. Wärmespeicher nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dritten Absperr-/Querschnittsverstellelemente (88 bis 91) - in Strömungsrichtung des Mediumspülstroms gesehen - den Einzelkammern (52 bis 55) vorgelagert sind.
21. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zugehörige Mediumspülstrom seitlich in die Einzelkammern (52 bis 55) eintritt.
22. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 18 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einzelkammern (52 bis 55) die Mediumspülöffnungen (80 bis 83) aufweisen.
23. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dritten Absperr-/Querschnittsverstellelemente (88 bis 91) als dritte Klappen oder dritte Tellerventile ausgebildet sind.
24. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speicherelemente (30 bis 33) in Speicherkammern (26 bis 29) eines Gehäuses (25) des Wärmespeichers (2) angeordnet sind.
25. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speicherkammern (26 bis 29) benachbart zueinander liegen und mittels mindestens einer gemeinsamen Trennwand (34 bis 37) voneinander getrennt sind.
26. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einzelkammern (52 bis 55) benachbart zueinander liegen und mittels mindestens einer gemeinsamen Abtrennwand (56 bis 59) voneinander getrennt sind.
27. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Medium Gas, insbesondere Luft, ist.
28. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speicherelemente (30 bis 33) keramisches Material aufweisen.

29. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speicherelemente (30 bis 33) aus Einzelelementen zusammengestellt sind. 5
30. Wärmespeicher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einzelelemente Wabensteine sind. 10
31. Verfahren zum Speichern von Wärme in einem Speicherelemente aufweisenden Wärmespeicher gemäß einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, mit den Schritten: 15

- Einleiten eines heißen Mediums in mindestens ein Speicherelement zum Laden und Ausbilden eines heißen und eines kalten Endes aufgrund von Temperaturschichtung im Speicherelement, 20
- Einleiten mindestens eines kalten Mediumspülstroms in das kalte Ende des Speicherelements und Einleiten des dadurch aus dem heißen Ende des Speicherelements austretenden heißen Mediumspülstroms in ein im geladenen Zustand heißes Ende mindestens eines weiteren Speicherelements. 25 30

Claims

1. Heat accumulator (2) having a heat accumulator structure that has at least two accumulator elements (30 through 33) through which a medium flows for charging and that thus each form a hot end (23) and a cold end (22) by temperature layering, **characterized by** a medium rinse device (98) that in a rinse operation of said heat accumulator produces at least one cold medium rinse flow and introduces it into said cold end (22) of at least one of said accumulator elements (30 through 33), the hot medium rinse flow exiting from said hot end (23) of said accumulator element (30 through 33) entering via at least one rinse path (99) said hot end (23) that is in the charged state and that is of said at least one other accumulator element (30 through 33). 35 40 45
2. Heat accumulator according to claim 1, **characterized in that** said hot ends (23) form upper ends of said accumulator elements (30 through 33) and said cold ends (22) form lower ends of said accumulator elements (30 through 33). 50 55
3. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said rinse path (99)

connecting said at least two accumulator elements (30 through 33) at their hot ends (23) is embodied as a common connecting chamber (38) arranged above said accumulator elements (30 through 33) and extending at least partially across them.

4. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least one first medium opening (39 through 42) is disposed above said or above each of said accumulator elements (30 through 33).
5. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said first medium openings (39 through 42) form first heat input openings when said heat exchanger (2) is charging and form first heat output openings when said heat accumulator (2) is discharging.
6. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said connecting chamber (38) has said first medium openings (39 through 42).
7. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** a first blocking/cross-section adjustment element (48 through 51) is upstream of each of said first medium openings (39 through 42) as seen from the direction of flow of the medium during charging.
8. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said first blocking/cross-section adjustment elements (48 through 51) are upstream of said connecting chamber (38) as seen from the direction of flow of the medium during charging.
9. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said first blocking/cross-section adjustment elements (48 through 51) are embodied as first dampers or first disk valves.
10. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least one second medium opening (64 through 67) is disposed beneath each of said accumulator elements (30 through 33).
11. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** during charging of said heat accumulator (2), said second medium openings (64 through 67) form medium return openings for the charging medium flow and during discharging form medium supply openings for the discharging medium flow.
12. Heat accumulator according to one of the preceding

- claims, **characterized in that** said cold end (22) of each of said at least two accumulator elements (30 through 33) is adjacent to an individual chamber (52 through 55), the individual chambers (52 through 55) being arranged beneath said accumulator elements (30 through 33).
13. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** a second blocking/cross-section adjustment element (72 through 75) is upstream of each of said second medium openings (64 through 67) as seen in the direction of flow of the medium during discharge.
14. Heat accumulator according to claim 13, **characterized in that** said second blocking/cross-section adjustment elements (72 through 75) are upstream of said individual chambers (52 through 55) as seen in the direction of flow of the medium during discharge.
15. Heat accumulator according to one of the preceding claims 12 to 14, **characterized in that** said associated medium charging flow or medium discharging flow exits laterally from said individual chambers (52 through 55) or enters said individual chambers (52 through 55) laterally.
16. Heat accumulator according to one of the preceding claims 12 to 15, **characterized in that** said individual chambers (52 through 55) have said second medium openings (64 through 67).
17. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said second blocking/cross-section adjustment elements (72 through 75) are embodied as second dampers or second disk valves.
18. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least one medium rinse opening (80 through 83) is disposed beneath said or each of said accumulator elements (30 through 33).
19. Heat accumulator according to claim 18, **characterized in that** a third blocking/cross-section adjustment element (88 through 91) is upstream of each of said medium rinse openings (80 through 83) as seen in the direction of flow of a medium rinse flow.
20. Heat accumulator according to claim 19, **characterized in that** said third blocking/cross-section adjustment elements (88 through 91) are upstream of said individual chambers (52 through 55) as seen in the direction of flow of said medium rinse flow.
21. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said associated medium rinse flow enters the individual chambers (52 through 55) laterally.
22. Heat accumulator according to one of claims 18 to 21, **characterized in that** said individual chambers (52 through 55) have said medium rinse openings (80 through 83).
23. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said third blocking/cross-section adjustment elements (88 through 91) are embodied as third dampers or third disk valves.
24. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said accumulator elements (30 through 33) are arranged in accumulator chambers (26 through 29) of a housing (25) of said heat accumulator (2).
25. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said accumulator chambers (26 through 29) are disposed adjacent to one another and are separated from one another by means of at least one common separating wall (34 through 37).
26. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said individual chambers (52 through 55) are disposed adjacent to one another and are separated from one another by means of at least one common separating wall (56 through 59).
27. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** the medium is gas, in particular air.
28. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said accumulator elements (30 through 33) comprise ceramic material.
29. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said accumulator elements (30 through 33) are assembled of individual elements.
30. Heat accumulator according to one of the preceding claims, **characterized in that** said individual elements are honeycombs.
31. Method for storing heat in a heat accumulator comprising accumulator elements according to one or more of the preceding claims, having the steps:
- introducing a hot medium into at least one accumulator element for charging and embodying one hot end and one cold end due to temperature layering in said accumulator element,

- introducing at least one cold medium rinse flow into the cold end of said accumulator element and introducing the hot medium rinse flow exiting from said hot end of said accumulator element into a hot end, being in the charged state, of at least one additional accumulator element.

Revendications

1. Accumulateur thermique (2) comprenant une structure d'accumulateur thermique qui présente au moins deux éléments accumulateurs (30 à 33) qui sont parcourus par un milieu pour le chargement et forment en l'occurrence à chaque fois une extrémité chaude (23) et une extrémité froide (22) par superposition de température, **caractérisé par** un dispositif de rinçage de milieu (98) qui génère, dans un mode de rinçage de l'accumulateur thermique, au moins un courant de rinçage de milieu froid et l'introduit dans l'extrémité froide (22) d'au moins un des éléments accumulateurs (30 à 33), le courant de rinçage de milieu chaud sortant de ce fait de l'extrémité chaude (23) de l'élément accumulateur cité (30 à 33) entrant par le biais d'au moins une voie de rinçage (99) dans l'extrémité chaude (23) à l'état chargé de l'au moins un autre élément accumulateur (30 à 33).
2. Accumulateur thermique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les extrémités chaudes (23) forment des extrémités supérieures et les extrémités froides (22) des extrémités inférieures des éléments accumulateurs (30 à 33).
3. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la voie de rinçage (99) reliant les au moins deux éléments accumulateurs (30 à 33) à leurs extrémités chaudes (23) est réalisée en tant que chambre de connexion commune (38) disposée au-dessus des éléments accumulateurs (30 à 33), s'étendant au moins partiellement sur ceux-ci.
4. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une première ouverture de milieu (39 à 42) se situe au-dessus des ou de chacun des éléments accumulateurs (30 à 33).
5. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les premières ouvertures de milieu (39 à 42) forment des premières ouvertures d'introduction thermique en mode de chargement de l'accumulateur thermique (2) et des premières ouvertures d'évacuation thermique en mode de déchargement de l'accumulateur thermique (2).

6. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la chambre de connexion (38) présente les premières ouvertures de milieu (39 à 42).
7. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un premier élément de blocage/de réglage de section transversale (48 à 51) est logé en amont de chacune des premières ouvertures de milieu (39 à 42), vu dans la direction d'écoulement du milieu en mode de chargement.
8. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les premiers éléments de blocage/de réglage de section transversale (48 à 51) sont logés en amont de la chambre de connexion (38), vu dans la direction d'écoulement du milieu en mode de chargement.
9. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les premiers éléments de blocage/de réglage de section transversale (48 à 51) sont réalisés en tant que premiers clapets ou premières soupapes à disque.
10. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une seconde ouverture de milieu (64 à 67) se situe en dessous de chacun des éléments accumulateurs (30 à 33).
11. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les secondes ouvertures de milieu (64 à 67) forment des ouvertures de retour de milieu pour le courant de milieu de chargement en mode de chargement de l'accumulateur thermique (2) et des ouvertures d'amenée de milieu pour le courant de milieu de déchargement en mode de déchargement.
12. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chacun des au moins deux éléments accumulateurs (30 à 33) est adjacent avec son extrémité froide (22) à une chambre individuelle (52 à 55), les chambres individuelles (52 à 55) étant disposées en dessous des éléments accumulateurs (30 à 33).
13. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un deuxième élément de blocage/de réglage de section transversale (72 à 75) est logé en amont de chacune des secondes ouvertures de milieu (64 à 67), vu dans la direction d'écoulement du milieu en mode de déchargement.
14. Accumulateur thermique selon la revendication 13,

- caractérisé en ce que** les deuxièmes éléments de blocage/de réglage de section transversale (72 à 75) sont logés en amont des chambres individuelles (52 à 55), vu dans la direction d'écoulement du milieu en mode de déchargement. 5
15. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes 12 à 14, **caractérisé en ce que** le courant de charge de milieu, ou le courant de décharge de milieu, correspondant sort latéralement des chambres individuelles (52 à 55), ou entre latéralement dans les chambres individuelles (52 à 55). 10
16. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes 12 à 15, **caractérisé en ce que** les chambres individuelles (52 à 55) présentent les secondes ouvertures de milieu (64 à 67). 15
17. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deuxièmes éléments de blocage/de réglage de section transversale (72 à 75) sont réalisés en tant que seconds clapets ou secondes soupapes à disque. 20 25
18. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une ouverture de rinçage de milieu (80 à 83) se situe en dessous des ou de chacun des éléments accumulateurs (30 à 33). 30
19. Accumulateur thermique selon la revendication 18, **caractérisé en ce qu'**un troisième élément de blocage/de réglage de section transversale (88 à 91) est logé en amont de chacune des ouvertures de rinçage de milieu (80 à 83), vu dans la direction d'écoulement d'un courant de rinçage de milieu. 35
20. Accumulateur thermique selon la revendication 19, **caractérisé en ce que** les troisièmes éléments de blocage/de réglage de section transversale (88 à 91) sont logés en amont des chambres individuelles (52 à 55), vu dans la direction d'écoulement du courant de rinçage de milieu. 40
21. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le courant de rinçage de milieu correspondant entre latéralement dans les chambres individuelles (52 à 55). 50
22. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications 18 à 21, **caractérisé en ce que** les chambres individuelles (52 à 55) présentent les ouvertures de rinçage de milieu (80 à 83). 55
23. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les troisièmes éléments de blocage/de réglage de section transversale (88 à 91) sont réalisés en tant que troisièmes clapets ou troisièmes soupapes à disque.
24. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les éléments accumulateurs (30 à 33) sont disposés dans des chambres accumulatrices (26 à 29) d'un logement (25) de l'accumulateur thermique (2).
25. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les chambres accumulatrices (26 à 29) se situent de manière voisine les unes des autres et sont séparées au moyen d'au moins une paroi de séparation commune (34 à 37).
26. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les chambres individuelles (52 à 55) se situent de manière voisine les unes des autres et sont séparées au moyen d'au moins une paroi de séparation commune (56 à 59).
27. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le milieu est du gaz, notamment de l'air.
28. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les éléments accumulateurs (30 à 33) présentent un matériau céramique.
29. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les éléments accumulateurs (30 à 33) sont composés d'éléments individuels.
30. Accumulateur thermique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les éléments individuels sont des pierres alvéolées.
31. Procédé pour l'accumulation de chaleur dans un accumulateur thermique présentant des éléments accumulateurs selon une ou plusieurs des revendications précédentes, comprenant les étapes consistant à :
- introduire un milieu chaud dans au moins un élément accumulateur pour le chargement et former une extrémité chaude et une extrémité froide en raison de la superposition de température dans l'élément accumulateur,
 - introduire au moins un courant de rinçage de milieu froid dans l'extrémité froide de l'élément accumulateur et introduire le courant de rinçage

de milieu chaud sortant de ce fait de l'extrémité
chaude de l'élément accumulateur dans une ex-
trémité chaude à l'état chargé d'au moins un
autre élément accumulateur.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

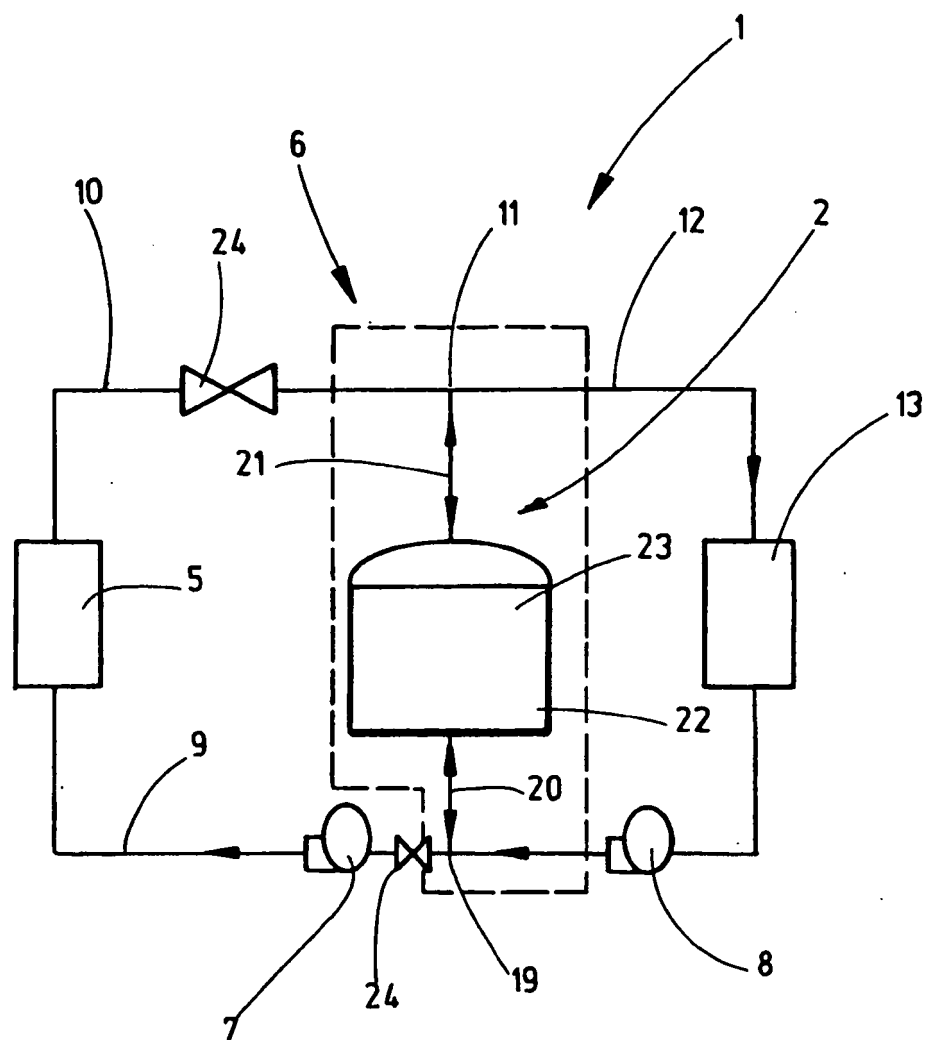


Fig.1

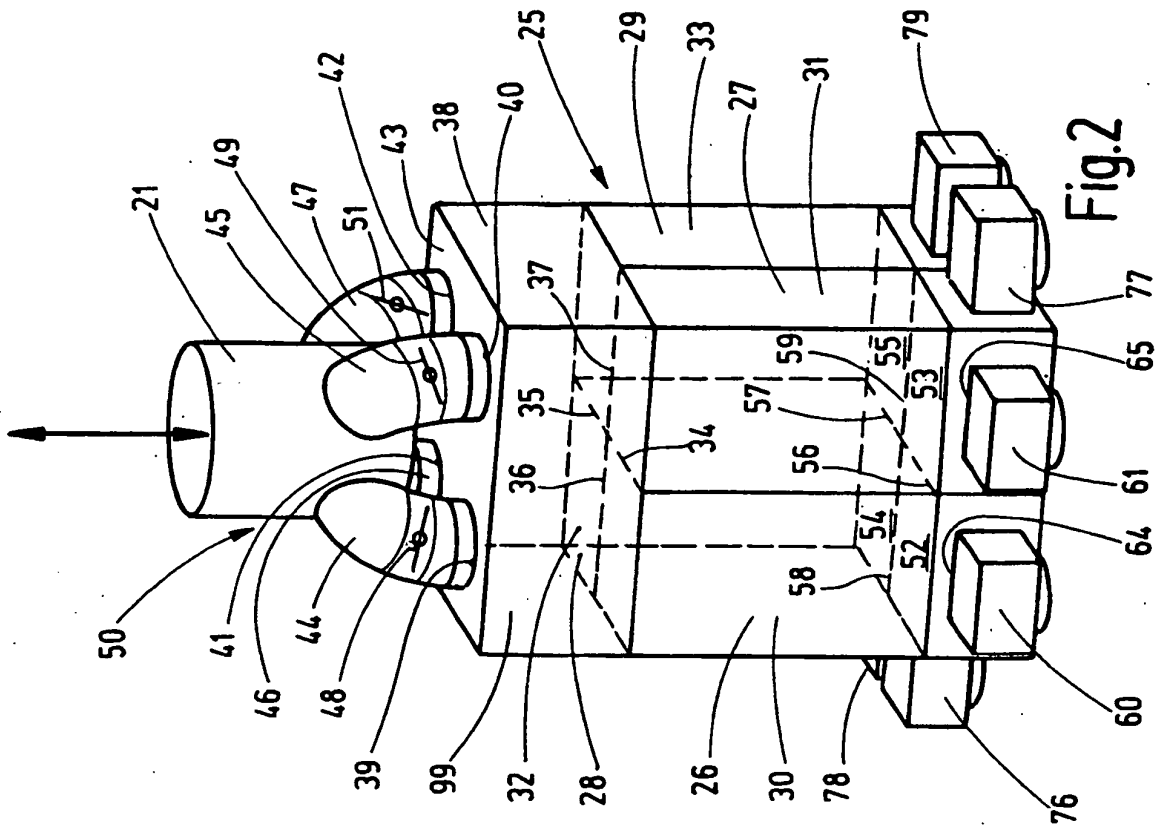


Fig. 2

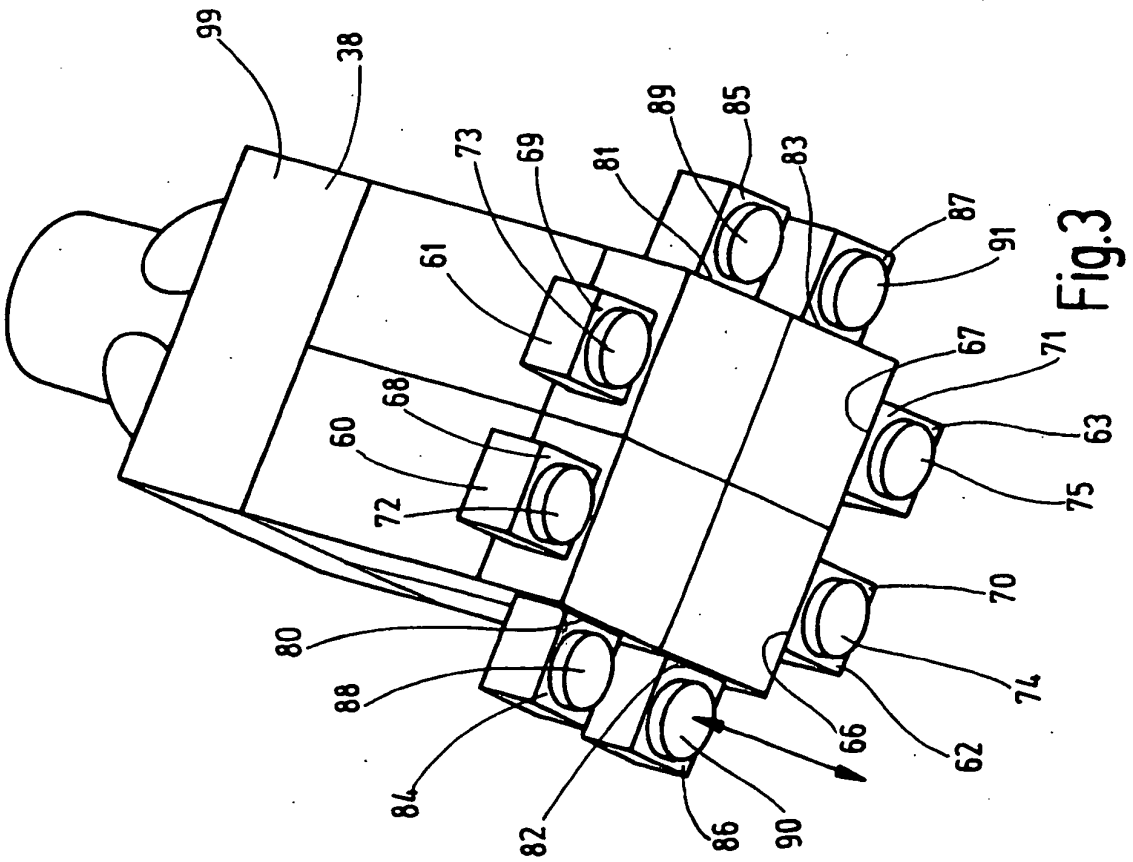


Fig. 3

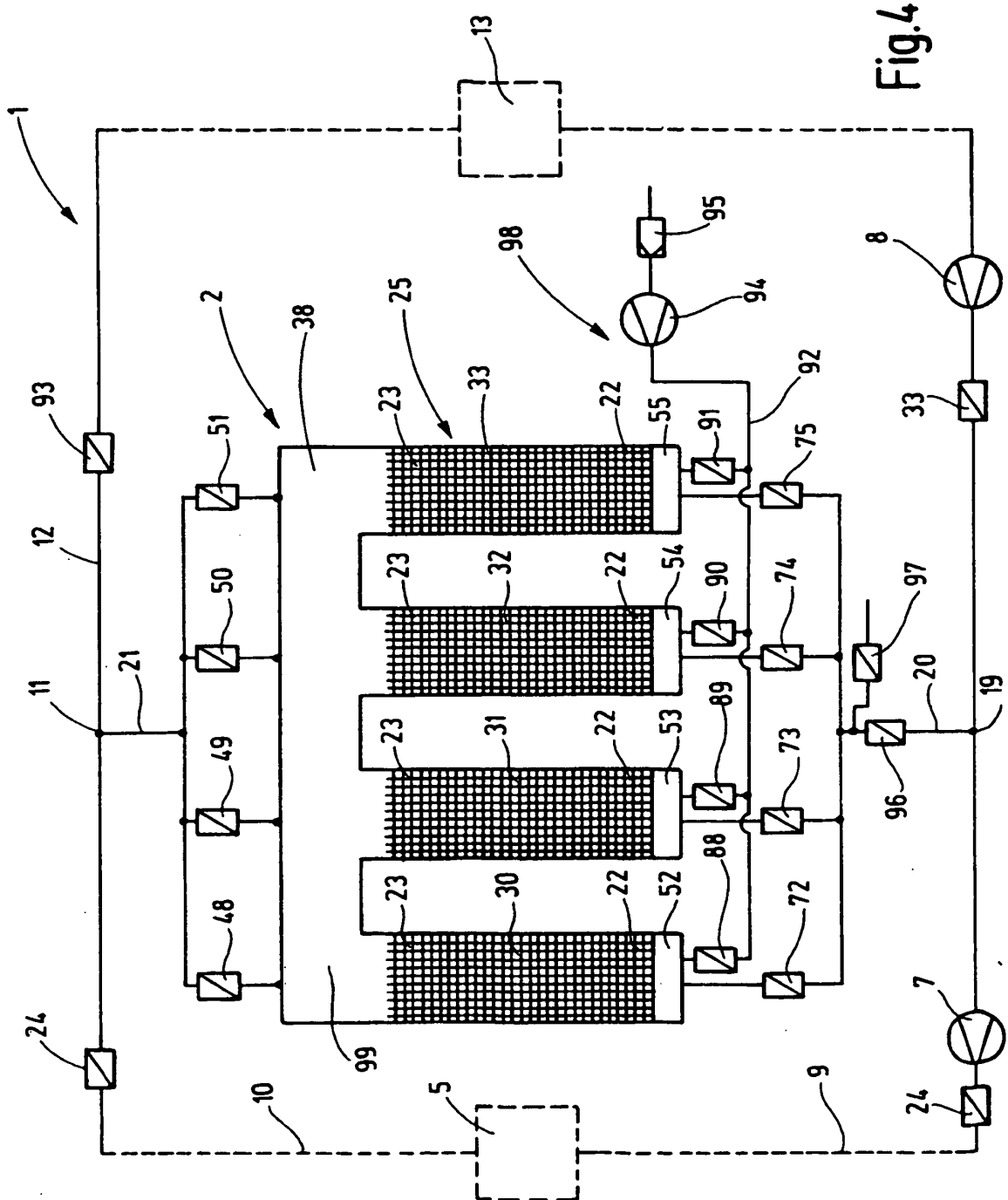


Fig. 4

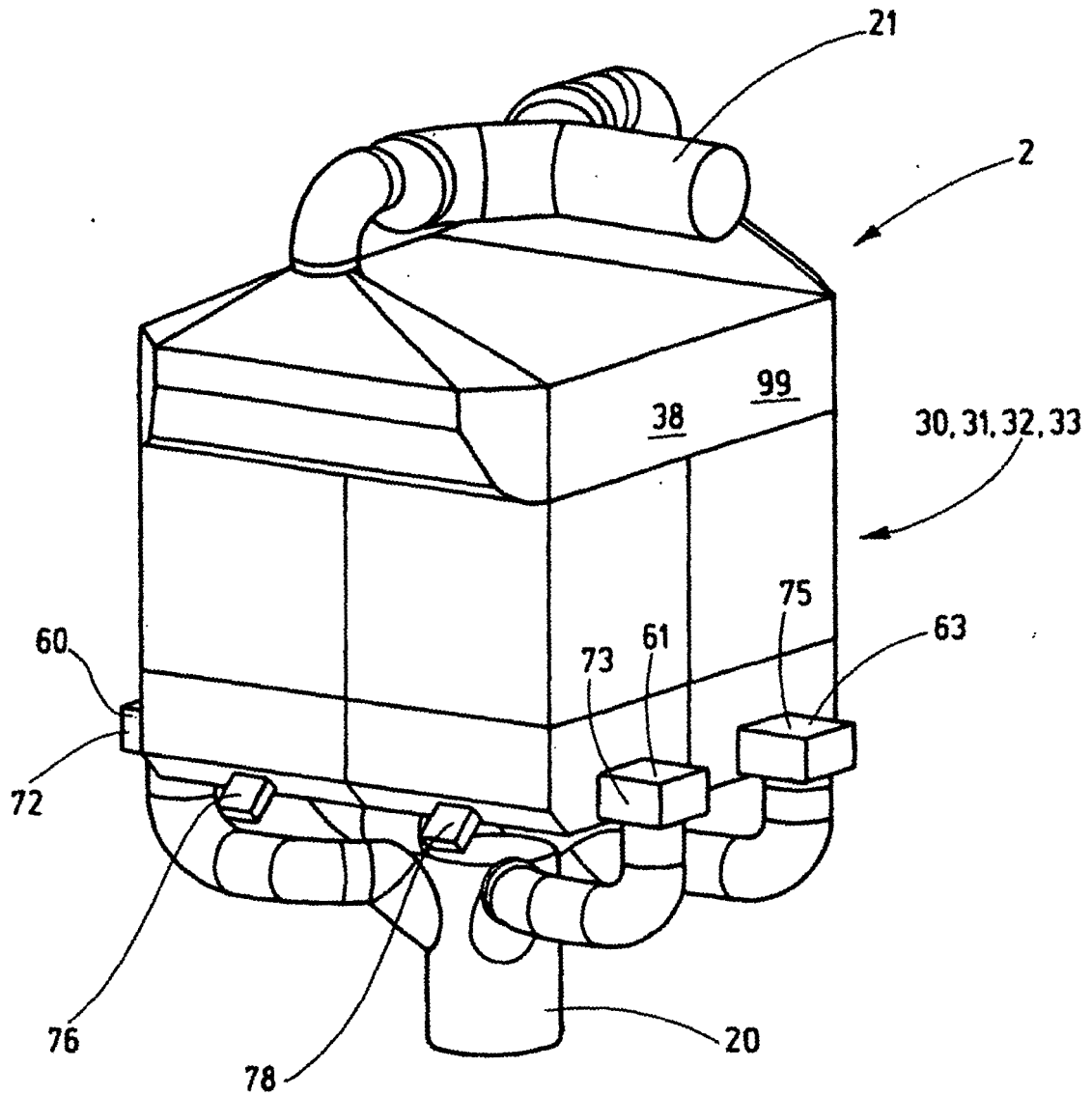
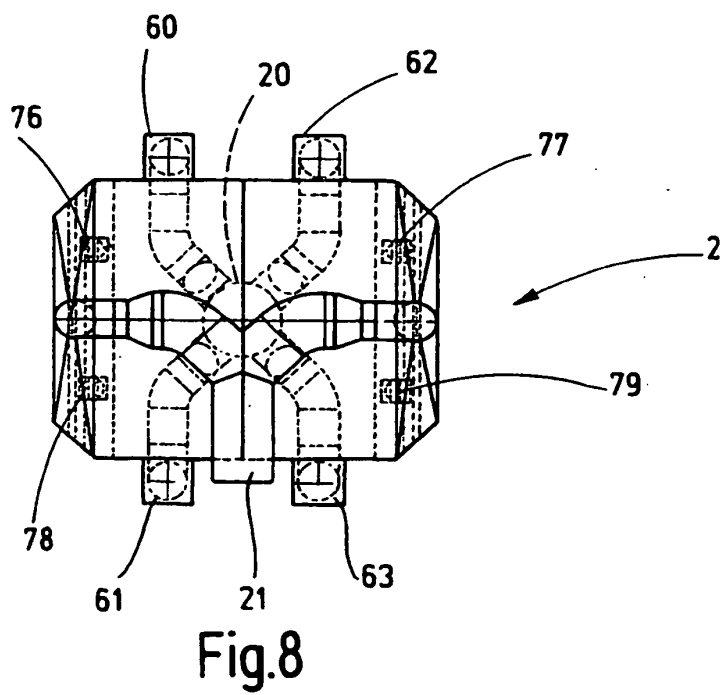
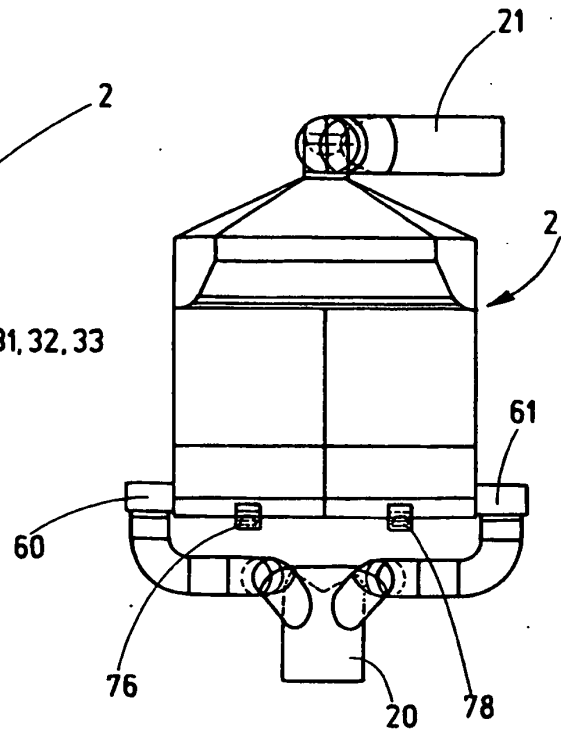
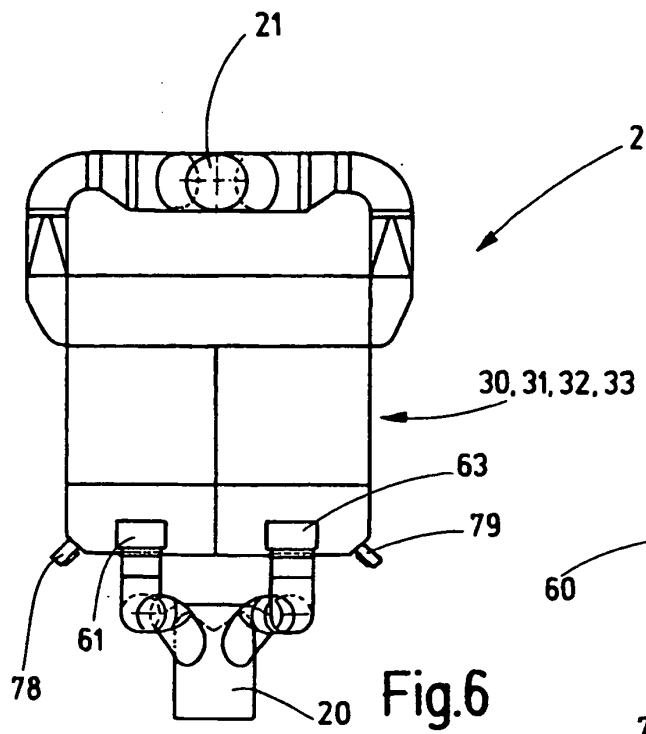


Fig.5



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 2944806 A [0003]