



(10) **DE 10 2017 125 669 A1** 2019.05.09

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 125 669.5**

(22) Anmeldetag: **03.11.2017**

(43) Offenlegungstag: **09.05.2019**

(51) Int Cl.: **F28D 20/02 (2006.01)**

**F24D 11/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**H.M. Heizkörper GmbH & Co. KG, 37351  
Dingelstädt, DE**

(74) Vertreter:

**v. Fünér Ebbinghaus Finck Hano, 81541 München,  
DE**

(72) Erfinder:

**Antrag auf Nichtnennung**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

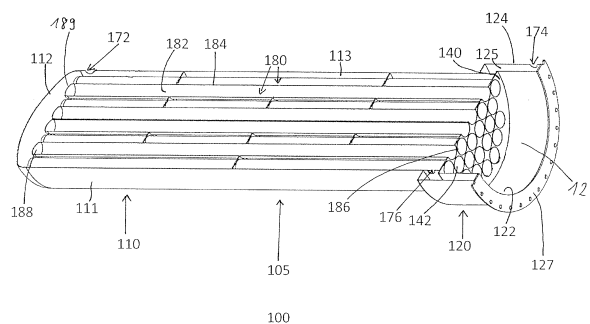
<b>DE</b>	<b>10 2012 024 211</b>	<b>A1</b>
<b>AT</b>	<b>382 636</b>	<b>B</b>
<b>EP</b>	<b>2 273 226</b>	<b>B1</b>
<b>EP</b>	<b>3 056 848</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2016/ 207 000</b>	<b>A1</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Wärmespeicher**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Wärmespeicher mit einem Latentwärmespeichermedium zur Speicherung von Wärme bereitgestellt. Der Wärmespeicher umfasst einen Behälter 105, der einen ersten Behälterabschnitt 110 und einen zweiten Behälterabschnitt 120 aufweist, sowie eine Vielzahl von Wärmespeicherelementen 180, die jeweils zur Aufnahme des Latentwärmespeichermediums vorgesehen sind. Im ersten Behälterabschnitt 110 ist ein erster Hohlraum 113 ausgebildet, der zur Aufnahme der Vielzahl von Wärmespeicherelementen 180 vorgesehen ist und mit einem Wärmeträgermedium befüllbar ist, das die Wärmespeicherelemente 180 umgibt. Im zweiten Behälterabschnitt 120 ist ein mit Latentwärmespeichermedium befüllbarer zweiter Hohlraum 123 sowie ein mit dem Wärmeträgermedium befüllbarer dritter Hohlraum 125 ausgebildet. Ferner sind die im ersten Behälterabschnitt 110 aufgenommenen Wärmespeicherelemente 180 zum zweiten Hohlraum 123 des zweiten Behälterabschnitts 120 hin offen ausgebildet, derart dass ein jedes Wärmespeicherelement 180 mit dem zweiten Hohlraum 123 in Verbindung steht. Ferner bereitgestellt wird ein Wärmespeichersystem, das aus wenigstens zwei der oben genannten Wärmespeicher aufgebaut ist.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Wärmespeicher mit einem Latentwärmespeichermedium zur Speicherung von Wärme sowie ein Wärmespeichersystem, das eine Vielzahl von Wärmespeichern umfasst.

## Stand der Technik

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind Wärmespeicher bekannt, die zum langzeitigen Speichern von mittels einer thermischen Solaranlage oder anderweitigen Wärmeerzeugungsquellen erzeugten Wärme ausgelegt sind. Derartige Wärmespeicher umfassen einen druckfesten Speicherbehälter zur Aufnahme eines Wärmespeichermediums. In dem Speicherbehälter ist ferner ein Wärmetauscher realisiert, der mit einem Vorlauf zum Zuführen eines Wärmeträgermediums und einem Rücklauf zum Abführen des Wärmeträgermediums verbunden ist. Als Wärmeträgermedium kommt bevorzugt Wasser zum Einsatz. Über das im Wärmetauscher zirkulierende Wärmeträgermedium kann dem Wärmespeicher Wärme zugeführt und im Bedarfsfall wieder entnommen werden. Zugeführte Wärme wird an das Wärmespeichermedium abgegeben, das die Wärme langfristig zu speichern vermag. Die im Wärmespeichermedium gespeicherte Wärme kann bei Bedarf wieder an das Wärmeträgermedium abgegeben werden, das die Wärme dann an einen Verbraucher (z.B. Heizungssystem oder Warmwasserversorgungssystem) abführt.

**[0003]** Um Wärme langfristig speichern zu können, ist aus dem Stand der Technik der Einsatz verschiedenster Latentwärmespeichermedien bekannt. Diese können unter Ausnutzung von reversiblen thermodynamischen Zustandsänderungen (Phasenübergängen) große Mengen an Wärmeenergie speichern und wieder abgeben. Bevorzugt kommen Salzhydrate, wie beispielsweise Natriumacetat-Trihydrat, zum Einsatz, die eine geringe Schmelztemperatur (58 °C bei Natriumacetat-Trihydrat) und eine hohe Schmelzenthalpie aufweisen. Die zum Schmelzen des im festen Aggregatzustand vorliegenden Salzhydrats erforderliche Wärmeenergie ist im flüssigen Salzhydrat gespeichert. Die beim Phasenübergang absorbierte Wärmemenge wird als latente Wärme bezeichnet, da sie keine nennenswerte Temperaturänderung des Latentwärmespeichermediums nach sich zieht. Selbstverständlich kann die Salzhydrat-Schmelze Wärme auch in Form von sensibler oder fühlbarer Wärme speichern. Die im Latentwärmespeichermedium speicherbare sensible Wärme hängt von der spezifischen Wärmespeicherkapazität des Mediums ab und ist wesentlich geringer als die durch Phasenübergang speicherbare latente Wärme.

**[0004]** Um die in der Salzhydrat-Schmelze gespeicherte latente Wärme abgreifen zu können wird diese auf einen metastabilen, unterkühlten Zustand abgekühlt und anschließend kristallisiert. Die beim Abkühlvorgang freiwerdende sensible Wärme kann einem Wärmeverbraucher zugeführt werden. Ferner kann bei Bedarf die unterkühlte Salzhydrat-Schmelze kontrolliert zur Kristallisation gebracht werden, wobei das Salzhydrat bei seinem Übergang in den festen Aggregatzustand die vorher zum Aufschmelzen aufgewandte latente Wärmemenge wieder freisetzt.

**[0005]** Aus der AT 382 636 B ist ein Wärmespeichersystem bekannt, das aus einer Vielzahl von Wärmespeichern aufgebaut ist, die jeweils zur Speicherung von sensibler und latenter Wärme vorgesehen sind. Ein jeder Wärmespeicher des Wärmespeichersystems besteht aus einem Druckbehälter zur Aufnahme eines Latentwärmespeichermediums (ein Salzhydrat). Insbesondere umfasst jeder Wärmespeicher eine Aktivierungseinrichtung, die dazu vorgesehen ist, die unterkühlte Schmelze zu aktivieren, d.h. den Kristallisationsvorgang der unterkühlten flüssigen Schmelze auszulösen. Die dabei schlagartig auftretende latente Wärme wird an einen Wärmetauschersystem abgeführt. Die Druckbehälter sind zur Aufnahme einer größeren Menge von Latentwärmespeichermedium vorgesehen. Zur Steuerung der Wärmeenergieabgabe eines jeden Wärmespeichers des Wärmespeichersystems ist eine Steuereinheit mit Sensorik und Steuerventilen vorgesehen.

**[0006]** Aus der EP 2 273 226 B1 ist ferner ein Wärmespeichersystem bekannt, das aus einer Vielzahl von Druckbehältern besteht, in denen sich jeweils ein Latentwärmespeichermedium befindet. Ferner ist im Zentrum eines jeden Druckbehälters ein Wärmetauscher angeordnet, der zum Austausch von Wärme zwischen dem Wärmeträgermedium des Wärmetauschers und dem Wärmespeichermedium im Behälter vorgesehen ist.

**[0007]** Aus der DE 10 2012 024 211 A1 ist ferner ein Wärmespeicher bekannt, der einen zylinderförmigen Druckbehälter zur Aufnahme eines Latentwärmespeichermediums sowie einen Wärmetauscher mit Vorlauf- und Rücklaufleitungen aufweist. Der Wärmetauscher weist eine Vielzahl von Rohren auf, die um die zentrale Behälterachse umfangsmäßig verteilt angeordnet sind. Die Rohre des Wärmetauschers erstrecken sich durch einen Stapel von Platten, die zur Vergrößerung der wirksamen Wärmeübertragungsfläche dienen.

**[0008]** Bei den im Stand der Technik beschriebenen Wärmespeichern ergeben sich, bedingt durch das Druckbehälterdesign und die Anordnung der Wärmetauscher, Effizienzprobleme bei der Speicherung und Abgabe von Wärmeenergie. Ferner sind die Wärmespeicher störungsanfällig, da in den Druckbehäl-

tern relativ große Mengen an Latentwärmespeichermedium lagern, wodurch die Häufigkeit an Spontan-Kristallisationen in der unterkühlten Schmelze zunimmt. Ferner sind aufwendige Druckbehälterkonstruktionen notwendig, die Druckänderungen im Wärmespeicherbehälter bedingt durch Volumenänderungen des Latentwärmespeichermediums beim Phasenwechsel standhalten.

#### Kurzer Abriss

**[0009]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Wärmespeicher sowie ein Wärmespeichersystem zur Speicherung von Wärme bereitzustellen, welche die obengenannten Probleme beseitigen und eine effizientere Wärmespeicherung ermöglicht.

**[0010]** Gemäß einem ersten Aspekt wird diese Aufgabe durch einen Wärmespeicher gelöst, der einen Behälter, der einen ersten Behälterabschnitt und einen zweiten Behälterabschnitt aufweist, sowie eine Vielzahl von Wärmespeicherelementen umfasst, die jeweils zur Aufnahme eines Latentwärmespeichermediums vorgesehen sind. Im ersten Behälterabschnitt ist ein erster Hohlraum ausgebildet, der zur Aufnahme der Vielzahl von Wärmespeicherelementen vorgesehen ist und mit einem Wärmeträgermedium befüllbar ist, das die Wärmespeicherelemente umgibt. Im zweiten Behälterabschnitt ist ein mit Latentwärmespeichermedium befüllbarer zweiter Hohlraum sowie ein mit dem Wärmeträgermedium befüllbarer dritter Hohlraum ausgebildet. Ferner sind die im ersten Behälterabschnitt aufgenommenen Wärmespeicherelemente zum zweiten Hohlraum des zweiten Behälterabschnitts hin offen ausgebildet, derart dass ein jedes Wärmespeicherelement mit dem zweiten Hohlraum in Verbindung steht.

**[0011]** Der im zweiten Behälterabschnitt ausgebildete zweite Hohlraum bildet somit eine Verbindung zwischen den im ersten Behälterabschnitt angeordneten Wärmespeicherelementen. Der zweite Hohlraum kann zumindest teilweise oder ganz mit dem Latentwärmespeichermedium befüllt sein. Insbesondere kann die Befüllung eines jeden Wärmespeicherelements über den zweiten Hohlraum des zweiten Behälterabschnitts erfolgen. Der im zweiten Hohlraum aufgenommene Anteil des Latentwärmespeichermediums bildet somit eine Kopplung zwischen den in den einzelnen Wärmespeicherelementen aufgenommenen Anteilen des Latentwärmespeichermediums. Insbesondere sorgt der im zweiten Hohlraum aufgenommene Anteil des Latentwärmespeichermediums im Betrieb des Wärmespeichers dafür, dass die Anteile in den Wärmespeicherelementen jederzeit dieselben thermodynamischen (Gleichgewichts-)Zustände annehmen.

**[0012]** Der Wärmespeicher kann ferner eine Einrichtung zur Aktivierung eines Phasenwechsels des Lat-

entwärmespeichermediums umfassen. Mit Aktivierung ist das gesteuerte Auslösen bzw. Herbeiführen eines Phasenwechsels des Latentwärmespeichermediums gemeint. Konkret wird bei der Aktivierung das im Zustand einer unterkühlten Schmelze vorliegende Latentwärmespeichermedium zur Kristallisation gebracht, wodurch die unterkühlte Schmelze in ihren kristallinen Phasenzustand übergeht und die dabei frei werdende latente Wärme an die Umgebung abgibt. Die Aktivierungseinrichtung kann in Form einer Druckerzeugungseinrichtung oder Schwingungseinrichtung implementiert sein, die zur Erzeugung einer Druckwelle in der Schmelze vorgesehen ist. Denkbar ist aber auch eine Aktivierungseinrichtung aus mehreren Peltier-Elementen zur lokalen Abkühlung der Schmelze, wie sie beispielsweise aus der EP 3 056 848 A1 bekannt ist.

**[0013]** Die Aktivierungseinrichtung kann im zweiten Hohlraum des zweiten Behälterabschnitts angeordnet sein. Die Aktivierungseinrichtung kann hierbei mit dem im zweiten Hohlraum aufgenommenen Latentwärmespeichermedium in Kontakt stehen. Durch Betätigung der Aktivierungseinrichtung kann das im unterkühlten Schmelzzustand befindliche Latentwärmespeichermedium im zweiten Hohlraum zur Kristallisation gebracht werden. Die im zweiten Hohlraum einsetzende Kristallisation des Latentwärmespeichermediums kann sich im Latentwärmespeichermedium der einzelnen Wärmespeicherelemente fortsetzen. Das Latentwärmespeichermedium der einzelnen Wärmespeicherelemente wird somit nahezu gleichzeitig und durch einen einzigen Auslösemechanismus zur Kristallisation gebracht. Einzelne Auslösemechanismen für die jeweiligen Wärmespeicherelemente sind somit nicht notwendig, wodurch der konstruktionstechnische Aufwand erheblich verringert wird.

**[0014]** Jedes Wärmespeicherelement kann als Hohlkörper ausgebildet sein mit einer den Hohlkörper räumlich begrenzenden Ummantelung. Der Hohlkörper kann ein in Längsrichtung des Hohlkörpers ausgebildetes offenes erstes Ende und ein dem ersten Ende gegenüberliegendes geschlossenes zweites Ende aufweisen. Im eingebauten Zustand kann das offene erste Ende ein oberes Ende sein, das mit dem zweiten Hohlraum des zweiten Behälterabschnitts gekoppelt ist. Entsprechend kann das zweite Ende des Hohlkörpers ein dem oberen Ende gegenüberliegendes unteres Ende sein, das einen mit der Ummantelung gekoppelten Bodenabschnitt aufweist. Gemäß einer Variante kann die Ummantelung und der Bodenabschnitt eines jeden Wärmeelements einstückig ausgebildet sein.

**[0015]** Der Hohlkörper kann derart dimensioniert sein, dass er ein vorgegebenes Volumen zur Aufnahme einer vorgegebenen Menge des Latentwärmespeichermediums aufweist. Gemäß einer Variante ist

der Hohlkörper eines jeden Wärmespeicherelements zur Aufnahme von  $\leq 500$  Litern, bevorzugt von  $\leq 300$  Litern, noch bevorzugter von  $\leq 100$  Litern, besonders bevorzugt von  $\leq 20$  Litern Latentwärmespeichermedium ausgebildet. Durch die Aufteilung des Latentwärmespeichermediums auf eine Vielzahl von Wärmespeicherelementen mit geringen Volumenabmessungen kann nicht nur ein effizienter und schneller Wärmeaustausch zwischen dem Latentwärmespeichermedium und dem Wärmeträgermedium erreicht werden, sondern auch Spontan-Aktivierungen des Latentwärmespeichermediums aufgrund von Verunreinigungen oder im Medium auftretenden Fluktuationen erheblich verringert werden. Somit wird der Wärmespeicher insgesamt stabiler und effizienter.

**[0016]** Die Ummantelung eines jeden Wärmespeicherelements dient zur fluidischen Entkopplung des im Hohlkörper aufgenommenen Latentwärmespeichermediums von dem im ersten Hohlraum des ersten Behälterabschnitts vorhandenen Wärmeträgermedium. Um eine gute thermische Kopplung zwischen Latentwärmespeichermedium und Wärmeträgermedium zu ermöglichen, kann die Ummantelung aus einem starren oder flexiblen wärmeleitfähigen Material, insbesondere einem gut wärmeleitfähigen Metall, einem wärmeleitfähigen Kunststoffmaterial oder einer wärmeleitfähigen Keramik hergestellt sein. Denkbar ist beispielsweise die Verwendung einer wärmeleitfähigen Edelstahl-Ummantelung. Denkbar ist aber auch die Verwendung von flexiblen Kunststoff-Ummantelungen, die bei Volumenausdehnung/Volumenkontraktion beim Phasenübergang des Latentwärmespeichermediums sich entsprechend ausdehnt oder zusammenzieht. Die Wandstärke der Ummantelung kann abhängig vom verwendeten Material auf eine die Stabilität des Wärmespeicherelements nicht beeinträchtigende Mindestwandstärke beschränkt sein. Typische Wandstärken können im Bereich von 0.1 bis 2.0 mm, bevorzugt im Bereich von 0.2 bis 1.0 mm, liegen.

**[0017]** Der Hohlkörper eines jeden Wärmespeicherelements kann in Richtungen senkrecht zu seiner Längsrichtung derart dimensioniert sein, dass ein jedes Volumenelement des im Hohlkörper aufgenommenen Latentwärmespeichermediums einen kürzesten Abstand zur Ummantelung aufweist, der  $\leq 35$  mm, bevorzugt  $\leq 20$  mm ist. Mit anderen Worten ist der Hohlkörper in den Richtungen senkrecht zu seiner Längsrichtung (und somit senkrecht zur Ummantelung) derart dimensioniert, dass der Abstand vom Hohlkörperzentrum zur Ummantelung einen Wert von  $\leq 35$  mm, bevorzugt von  $\leq 20$  mm annimmt. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass bei Eintritt der Kristallisation des Latentwärmespeichermediums nicht nur die in unmittelbaren Nähe der Ummantelung frei werdende latente Wärme, sondern auch die im Hohlkörperzentrum frei werdende latente Wärme

vollständig und schnell an das umgebende Wärmeträgermedium abgeführt werden kann.

**[0018]** Der Hohlkörper eines jeden Wärmespeicherelements kann rotationssymmetrisch ausgebildet sein mit einer in Längsrichtung des Hohlkörpers verlaufenden Rotationsachse. Bevorzugt kann der Hohlkörper rohrförmig ausgebildet sein mit einer kreisrunden Ummantelung. Denkbar sind jedoch auch Wärmespeicherelemente mit Ummantelungen, die eine elliptische oder polygone (z.B. n-eckige, mit  $n \geq 4$ ) Form aufweisen.

**[0019]** Die Dimensionierung und Anzahl der Wärmespeicherelemente im Wärmespeicher kann derart gewählt sein, dass das von den Wärmespeicherelementen aufgenommene Wärmespeichermediumvolumen zu dem im ersten Behälterabschnitt aufgenommenen Wärmeträgermedium im Verhältnis  $\geq 4:1$  ist. Auf diese Weise wird ein Wärmespeicher mit hoher Wärmespeicherdichte realisiert.

**[0020]** Die Wärmespeicherelemente im Inneren des Behälters können gemäß einem vorgegeben Anordnungsmuster angeordnet sein. Um das Volumenverhältnis von  $\geq 4:1$  zwischen Latentwärmespeichermedium und Wärmeträgermedium zu erreichen, können die Wärmespeicherelemente im Inneren des ersten Behälterabschnitts möglichst dicht gepackt angeordnet sein. Denkbar ist die Anordnung der Wärmespeicherelemente gemäß einem hexagonalen Anordnungsmuster, wobei benachbarte Wärmespeicherelemente voneinander beabstandet im Anordnungsmuster angeordnet sind. Der Minimalabstand benachbarter Wärmespeicherelemente im hexagonalen Anordnungsmuster kann im Bereich von 2 mm bis 10 mm, bevorzugt im Bereich von 4 mm bis 6 mm liegen. Der Abstand ermöglicht eine vollständige Umspülung eines jeden Wärmespeicherelement mit Wärmeträgermedium, wodurch der Wärmeaustausch zwischen dem Latentwärmespeichermedium und dem Wärmeträgermedium optimiert wird.

**[0021]** Der Wärmespeicher kann ferner am Übergang zwischen dem ersten Behälterabschnitt und dem zweiten Behälterabschnitt eine Lagereinrichtung umfassen, die zur Lagerung (Aufhängung) der Wärmespeicherelemente vorgesehen ist. Die Wärmespeicherelemente können mit ihrem oberen, offenen Ende an der Lagereinrichtung befestigt sein, um eine stabile Lagerung (Aufhängung) der Wärmespeicherelemente im ersten Behälterabschnitt zu ermöglichen. Gemäß einer Variante kann die Lagereinrichtung plattenförmig ausgebildet, die den im zweiten Behälterabschnitt ausgebildeten zweiten Hohlraum vom im ersten Behälterabschnitt ausgebildeten ersten Hohlraum fluidisch trennt. Die plattenförmige Lagereinrichtung kann Durchgangsöffnungen aufweisen, an denen die Wärmespeicherelemente mit ihrem offenen ersten Ende gekoppelt sind.

**[0022]** Der Wärmespeicher kann ferner wenigstens einen Durchlasskanal umfassen, der den dritten Hohlraum mit dem ersten Hohlraum fluidisch koppelt. Ferner kann der Wärmespeicher wenigstens einen Wärmeträgermedium-Vorlaufanschluss zum Zuführen des Wärmeträgermediums und wenigstens einen Wärmeträgermedium-Rücklaufanschluss zum Abführen des Wärmeträgermediums umfassen. Gemäß einer Variante kann der Vorlauf im Bodenbereich des ersten Behälterabschnitts angeordnet sein, während der Rücklauf im Kopfbereich des zweiten Behälterabschnitts angeordnet ist.

**[0023]** Der dritte Hohlraum des zweiten Behälterabschnitts kann derart ausgebildet und angeordnet sein, dass er den zweiten Hohlraum des zweiten Behälterabschnitts in Umfangsrichtung umgibt. Über den mit Wärmeträgermedium befüllbaren / befüllten dritten Hohlraum kann dem Latentwärmespeichermedium im zweiten Hohlraum schnell Wärme zugeführt und wieder entnommen werden.

**[0024]** Als Latentwärmespeichermedium kann ein Salzhydrat, bevorzugt Natriumacetat-Trihydrat, zum Einsatz kommen. Salzhydrate haben sich bewährt, da sie einerseits günstig in der Anschaffung sind, und andererseits eine hohe Wärmespeicherfähigkeit aufweisen. Denkbar ist jedoch auch die Verwendung anderer Speichermedien wie beispielsweise Paraffine. Als Wärmeträgermedium kann ein Fluid zum Einsatz kommen. Bevorzugt kann Wasser als Wärmeträgermedium zum Einsatz kommen. Denkbar sind jedoch auch andere Fluide, wie beispielsweise Öle.

**[0025]** Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Wärmespeichersystem zur Speicherung von Wärme bereitgestellt, das umfasst: eine Anordnung von wenigstens zwei Wärmespeichern wie oben beschrieben, wobei die wenigstens zwei Wärmespeicher derart angeordnet und miteinander gekoppelt sind, dass die Anordnung wahlweise in Parallelschaltung oder in Reihenschaltung betreibbar ist.

**[0026]** Zum Betreiben der wenigstens zwei Wärmespeicher kann das Wärmespeichersystem ferner eine Steuereinrichtung umfassen, wobei die Steuereinrichtung dazu ausgebildet ist, die Anordnung abhängig vom Energiebedarf in Parallelschaltung oder Reihenschaltung zu betreiben. Die Steuereinrichtung kann hierbei eine elektronische Steuereinrichtung sowie eine hydraulische Steuereinrichtung in Form von Ventilen umfassen, welche bei Empfang von entsprechenden Steuersignalen durch die elektronische Steuereinrichtung entweder in eine geöffnete oder in eine geschlossene Stellung (optional auch in eine gedrosselte Stellung) schalten.

## Figurenliste

**[0027]** Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden anhand von in den Figuren dargestellten Ausführungsformen weiter beschrieben. Es zeigen:

**Fig. 1** einen Teil eines Wärmespeichers in dreidimensionaler Form gemäß einer Ausführung;

**Fig. 2a-2c** verschiedene Ansichten des in **Fig. 1** dargestellten Wärmespeichers.

## Detaillierte Beschreibung

**[0028]** **Fig. 1** zeigt in dreidimensionaler Form eine Hälfte eines Wärmespeichers **100** gemäß der vorliegenden Erfindung. Der Wärmespeicher **100** ist in **Fig. 1** in liegender Position abgebildet. Es versteht sich, dass der Wärmespeicher **100** in aufrechter Position betrieben wird.

**[0029]** Der Wärmespeicher **100** umfasst einen Behälter **105** mit einem ersten Abschnitt (Behälterabschnitt **110**) und einen zweiten Abschnitt (Behälterabschnitt **120**) sowie eine Vielzahl von im ersten Wärmespeicherabschnitt **110** angeordneten Wärmespeicherelementen **180**. Ferner umfasst der Wärmespeicher **100** eine Aktivierungseinrichtung, die zur kontrollierten Auslösung einer Kristallisation eines im Wärmespeicher **100** aufgenommenen Latentwärmespeichermediums vorgesehen ist. Die Aktivierungseinrichtung ist in **Fig. 1** nicht zu sehen.

**[0030]** Der erste Behälterabschnitt **110** weist einen zylinderförmigen ersten Hohlraum **113** auf, der durch eine zylinderförmige Ummantelung **111** begrenzt ist. Ferner weist der Behälterabschnitt **110** an seinem unteren Ende ein Bodenelement **112** auf, das den Hohlraum **113** zum unteren Ende hin begrenzt. An seinem dem unteren Ende gegenüberliegenden oberen Ende ist der erste Behälterabschnitt **110** offen ausgebildet. An ihn schließt sich der zweite Behälterabschnitt **120** an.

**[0031]** Der zweite Behälterabschnitt **120** ist ebenso zylinderförmig ausgebildet und konzentrisch zum ersten Behälterabschnitt **110** angeordnet. Der zweite Behälterabschnitt **120** weist eine Innenwandung **122** auf, die einen innen liegenden zweiten Hohlraum **123** des Wärmespeichers **100** definiert. Ferner weist der zweite Behälterabschnitt **120** eine zur Innenwandung **123** beabstandete angeordnete Außenwandung **124** auf. Zwischen der Außenwandung **124** und der Innenwandung **122** befindet sich ein dritter Hohlraum **125** des Wärmespeichers **100**, der den zweiten Hohlraum **123** in Umfangsrichtung umgibt.

**[0032]** Der zweite Behälterabschnitt **120** kann an seinem oberen Ende **127** eine Abdeckung aufweisen (in der **Fig. 1** nicht dargestellt), die zur Abschir-

mung des Wärmespeichers **100** gegenüber der Umwelt ausgebildet ist. Als Abdeckung kann beispielsweise eine Membran zum Einsatz kommen, die in beiden Richtungen luftdurchlässig ist. Die Membran ermöglicht somit einen effektiven Druckausgleich im Inneren des Wärmespeichers **100**. Mit anderen Worten entspricht der Druck im Inneren des Wärmespeichers **100** unabhängig von seinem Betriebszustand (also unabhängig davon, ob der Wärmespeicher **100** mit Energie beladen oder entladen ist) jeweils in etwa dem Umgebungsdruck.

**[0033]** Am Übergang zwischen dem ersten Behälterabschnitt **110** und dem zweiten Behälterabschnitt **120** ist eine Lagereinrichtung **140** in Form einer Platte (im Folgenden kurz Lagerplatte **140** genannt) zur Lagerung der Vielzahl der Wärmespeicherelemente **180** ausgebildet. In der in **Fig. 1** gezeigten Implementierung ist die Lagerplatte **140** als Bodenteil des zweiten Behälterabschnitts **120** konzipiert und dient zur fluidischen Entkopplung des im zweiten Behälterabschnitt **110** ausgebildeten zweiten Hohlraums **123** vom im ersten Behälterabschnitt **110** ausgebildeten ersten Hohlraum **113**. Die Wärmespeicherelemente **180** sind mit ihrem offenen Ende an (der Unterseite) der Lagerplatte **140** montiert. Die Lagerplatte **140** weist ferner Durchgangsöffnungen **142** (Durchgangsbohrungen **142**) auf, die mit den offenen Enden der Wärmespeicherelemente **180** fluchten. Über die Durchgangsöffnungen **142** sind die Wärmespeicherelemente **180** (jedoch nicht der erste Hohlraum **113**) mit dem zweiten Hohlraum **123** fluidisch miteinander verbunden.

**[0034]** Der im ersten Behälterabschnitt **110** ausgebildete erste Hohlraum **113** ist mit dem im zweiten Behälterabschnitt **120** ausgebildeten dritten Hohlraum **125** über wenigstens einen Durchlass **176** fluidisch gekoppelt. Ferner weist der erste Behälterabschnitt **110** und der zweite Behälterabschnitt **120** jeweils Anschlüsse **172**, **174** zum Abführen bzw. Zuführen eines Wärmeträgermediums auf. Das Wärmeträgermedium kann somit über den Vorlaufanschluss **172** dem ersten und dritten Hohlraum **113**, **125** zugeführt und über den Rücklaufanschluss **174** wieder abgeführt werden. Mit anderen Worten bilden die beiden Hohlräume **113**, **125** zusammen mit dem Vorlaufanschluss **172** und dem Rücklaufanschluss **174** (sowie mit den an den Vorlaufanschluss **172** und Rücklaufanschluss **174** gekoppelten Zuleitungen und Ableitungen) einen Kreislauf zum Austausch von Wärme.

**[0035]** Die beiden Behälterabschnitte **110**, **120** sind aus Edelstahl, Kunststoff oder einem anderweitigen Material oder Verbundmaterial gefertigt. Material und Stärke der Wandungen **122**, **123** bzw. der Ummantelung **111** sind derart gewählt und auf die Größe des Wärmespeichers **100** abgestimmt, dass sie im Betrieb größeren Druckschwankungen problemlos standhalten können. Ferner können die beiden Be-

hälterabschnitte **110**, **120** nach außen wärmeisoliert ausgebildet sein (Wärmeisolierung ist in **Fig. 1** nicht dargestellt).

**[0036]** Die Aktivierungseinrichtung ist im zweiten Hohlraum **123** angeordnet und steht in Verbindung mit dem im zweiten Hohlraum **123** aufgenommenen Latentwärmespeichermedium. Als Aktivierungseinrichtung kann eine Schwingungseinrichtung oder Druckerzeugungseinrichtung zum Einsatz kommen, die eine Störung in Form von Druckwellen in der unterkühlten Schmelze erzeugt und somit eine Kristallisation der unterkühlten Schmelze hervorruft.

**[0037]** Die Wärmespeicherelemente **180** sind im ersten Behälterabschnitt **110** (genauer gesagt im ersten Hohlraum **113**) des Wärmespeichers **100** angeordnet. Jedes Wärmespeicherelement **180** weist einen länglichen Hohlkörper **128** zur Aufnahme des Latentwärmespeichermediums auf. Der Hohlkörper **182** ist von einer dünnen Ummantelung **184** umgeben, die das im Hohlkörper **182** aufgenommene Latentwärmespeichermedium von dem im ersten Hohlraum **113** aufgenommenen Wärmeträgermedium trennt. Jedes Wärmespeicherelement **180** weist in Längsrichtung ein dem zweiten Hohlraum **123** zugewandtes offenes erstes Ende **186** sowie ein dem Boden **112** des Wärmespeichers **110** zugewandtes geschlossenes zweites Ende **188** auf (siehe auch **Fig. 2b** und **Fig. 2c**). Über sein offenes erstes Ende **186** kann jedes Wärmespeicherelemente **180** mit Latentwärmespeichermedium befüllt werden.

**[0038]** Die Ummantelung **184** eines jeden Wärmespeicherelements **180** ist aus einem wärmeleitfähigen Metall, bevorzugt aus Edelstahl, einem wärmeleitfähigen Kunststoff oder einer wärmeleitfähigen Keramik aufgebaut. Die Stärke der Ummantelung **184** kann je nach verwendetem Material im Bereich zwischen 0.1 mm und 2 mm, bevorzugt im Bereich zwischen 0.2 mm und 1 mm liegen. Die Wahl einer möglichst dünnwandigen Ummantelung ermöglicht eine schnelle und verlustfreie Übertragung von Wärme zwischen dem Wärmespeichermedium in den Wärmespeicherelementen **180** und dem die Wärmespeicherelemente **180** umgebenden Wärmeträgermedium.

**[0039]** Die in **Fig. 1** gezeigten Wärmespeicherelemente **180** weisen jeweils einen zylinderförmigen Hohlkörper **182** auf, der von einer kreisrunden Ummantelung **184** begrenzt ist. Andere von der in **Fig. 1** gezeigten zylindrischen Hohlkörperform abweichende Formen sind ebenso denkbar. Der am zweiten Ende **188** der Ummantelung **184** sich anschließende Boden **189** ist nach unten gewölbt ausgebildet. Die Ummantelung **184** geht somit nahtlos und ohne Abstufung oder Bildung von Eckbereichen in den Boden **189** über. Boden **189** und Ummantelung **184** können je nach Wahl des Materials verklebt oder verschweißt

werden. Klebestellen oder Schweißnähte sind bevorzugt an der Außenseite der Ummantelung **184** angebracht. Glatte Innenwände und nach Möglichkeit ein glatter Übergang zwischen Boden **189** und Ummantelung **184** sind notwendig, da sich gezeigt hat, dass Unebenheiten, Ecken, Schweißnähte oder Klebestellen an der Mantelinnenwand Störungen darstellen, die spontane Kristallisationen der unterkühlten Schmelze auslösen können.

**[0040]** In Zusammenhang mit den **Fig. 2a** bis **Fig. 2c** wird der erfindungsgemäße Wärmespeicher **100** weiter beschrieben.

**[0041]** **Fig. 2a** zeigt eine Seitenansicht des Wärmespeichers **100** mit zylinderförmigen unterem Abschnitt **110** und oberem Abschnitt **120**, die konzentrisch zueinander angeordnet sind. **Fig. 2b** zeigt eine Schnittansicht entlang der Linie A-A. **Fig. 2c** zeigt eine Sicht von oben auf den Wärmespeicher **100**.

**[0042]** Der erste Behälterabschnitt **110** weist einen zylinderförmig ausgebildeten ersten Hohlraum **113** auf. Der Durchmesser des zylinderförmigen Hohlraums **113** liegt bevorzugt im Bereich von 300 mm bis 800 mm, noch bevorzugter im Bereich von 400 mm bis 600 mm. Die Höhe (Länge) des zylinderförmigen ersten Hohlraums **113** liegt im Bereich von 500 mm bis 3000 mm, bevorzugt im Bereich von 1000 mm bis 2000 mm.

**[0043]** Der im zweiten Behälterabschnitt **120** ausgebildete zweite Hohlraum **123** ist ebenso zylinderförmig ausgebildet mit einem Durchmesser, der in etwa dem Durchmesser des ersten Hohlraums **113** entspricht. Die Höhe des zweiten Hohlraums **123** kann abhängig vom aufzunehmenden Volumen des Latentwärmespeichermediums variieren. Der ebenso im zweiten Behälterabschnitt **120** ausgebildete dritte Hohlraum **125** umgibt den zweiten Hohlraum **123** ringförmig. Es versteht sich, dass der erste und zweite Behälterabschnitt **110**, **120** je nach Einsatz von den oben genannten Dimensionen und Formen auch abweichen können.

**[0044]** Der dritte Hohlraum **125** ist mit dem ersten Hohlraum **113** fluidisch gekoppelt und zur Aufnahme des Wärmeträgermediums vorgesehen. Der zweite Hohlraum **123** ist in Kommunikation mit den im ersten Behälterabschnitt **110** (genauer gesagt im ersten Hohlraum **113**) angeordneten Wärmespeicherelementen **180**. Der zweite Hohlraum **123** ist wenigstens teilweise mit Latentwärmespeichermedium gefüllt und dient als Aufnahme- und Vorratsbehälter des Wärmespeichers **100**, wie weiter unten noch näher beschrieben wird.

**[0045]** In Zusammenhang mit den **Fig. 2b** und **Fig. 2c** wird die Anordnung der Wärmespeicherelemente **180** weiter beschrieben. Die Wärmespeicher-

elemente **180** sind im ersten Hohlraum **113** gemäß einer hexagonalen Anordnungsstruktur angeordnet. In **Fig. 2c** ist die hexagonale Anordnung der Wärmespeicherelemente **180** schematisch angedeutet. Durch Realisierung einer hexagonalen Anordnungsstruktur können möglichst viele Wärmespeicherelemente **180** im ersten Hohlraum **113** untergebracht werden. Somit kann der erste Hohlraum **113** optimal ausgenutzt werden, wodurch eine Realisierung von Volumenverhältnissen zwischen dem in den Wärmespeicherelementen **180** insgesamt aufgenommenen Latentwärmespeichermedium und dem im ersten Hohlraum **113** aufgenommenen Wärmeträgermedium von  $\geq 4:1$  erst möglich wird.

**[0046]** Um einen schnellen und effektiven Wärmeaustausch zwischen dem Latentwärmespeichermedium der Wärmespeicherelemente **180** und dem Wärmeträgermedium im ersten Hohlraum **113** zu ermöglichen, können die in hexagonaler Struktur angeordneten Wärmespeicherelemente **180** um einen vorgegebenen Minimalabstand voneinander beabstandet angeordnet, in Abweichung zu den in den **Fig. 2b** und **Fig. 2c** gezeigten Darstellungen. Dieser Minimalabstand kann im Bereich von 2 mm bis 10 mm, bevorzugt im Bereich von 4 mm bis 6 mm liegen.

**[0047]** Ferner kann der Hohlkörper **182** eines jeden Wärmespeicherelement **180** derart dimensioniert sein, dass er ein Aufnahmevermögen von  $\leq 500$  Litern, bevorzugt von  $\leq 200$  Litern, noch bevorzugter von  $\leq 100$  Litern, besonders bevorzugt von  $\leq 20$  Litern Latentwärmespeichermedium aufweist. Um bei derartigen Aufnahmevermögen die latente Wärme schnell und effektiv aus dem Latentwärmespeichermedium abführen zu können, ist der Hohlkörper **182** eines jeden Wärmespeicherelements **180** entlang seiner Längsrichtung wesentlich größer dimensioniert als in Richtungen senkrecht zur Längsrichtung. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, den Hohlkörper **182** eines jeden Wärmespeicherelements **180** senkrecht zur Längsrichtung derart zu dimensionieren, dass ein jedes Volumenelement im Hohlkörper **182** einen kürzesten Abstand zur Ummantelung **184** von  $\leq 35$  mm, bevorzugt von  $\leq 20$  mm aufweist. Für die in den **Fig. 2b** und **Fig. 2c** gezeigten zylinderförmig ausgebildeten Hohlkörpern **182** bedeutet dies, dass ihr Radius jeweils  $\leq 35$  mm, bevorzugt  $\leq 20$  mm ist.

**[0048]** Die Länge (Höhe) der Hohlkörper **182** hängt von der Länge (Höhe) des ersten Wärmespeicherabschnitts **110** ab. Die Länge (Höhe) der Hohlkörper **182** kann nur unwesentlich kleiner als die Länge des ersten Behälterabschnitts **110** sein. Sie kann im Bereich zwischen 500 mm bis 3000 mm, bevorzugt im Bereich zwischen 1000 mm und 2000 mm liegen.

**[0049]** Die Funktionsweise des Wärmespeichers **100** wird im Folgenden näher erläutert. Die im ersten

Behälterabschnitt **110** angeordneten und zum zweiten Hohlraum **123** des zweiten Behälterabschnitts **120** offenen Wärmespeicherelemente **180** können über den zweiten Hohlraum **123** befüllt werden. Als Latentwärmespeichermedium kann hierbei Natriumacetat-Trihydrat Anwendung finden. Es wird so viel Latentwärmespeichermedium in den Behälter **105** gegeben, bis die Wärmespeicherelemente **180** vollständig und zumindest ein unterer Abschnitt des zweiten Hohlraums **123** mit dem Latentwärmespeichermedium befüllt sind. Der im zweiten Hohlraum **123** aufgenommene Anteil an Latentwärmespeichermedium stellt eine Kopplung zwischen den in den einzelnen Wärmespeicherelementen **180** aufgenommenen Anteilen dar.

**[0050]** Der über den wenigstens einen Durchlasskanal **176** fluidisch miteinander gekoppelte erste Hohlraum **113** und dritte Hohlraum **125** werden über eine Zuleitung und den mit der Zuleitung gekoppelten Vorlaufanschluss **172** mit einem von einer Wärmeerzeugungsquelle (z.B. thermische Solaranlage) erwärmten Wärmeträgermedium befüllt. Als Wärmeträgermedium kann bevorzugt Wasser zum Einsatz kommen. Die im Wärmeträgermedium gespeicherte Wärme kann im ersten Hohlraum **113** an das in den Wärmespeicherelementen **180** aufgenommene Wärmespeichermedium und im dritten Hohlraum **125** an das im zweiten Hohlraum **123** aufgenommene Latentwärmespeichermedium abgegeben werden. Durch die Abgabe der Wärme wird das Latentwärmespeichermedium erwärmt. Bei Erreichen seiner Schmelztemperatur geht das Latentwärmespeichermedium von seinem festen in seinen flüssigen Zustand über. Die beim Aufschmelzen absorbierte Wärme wird in Form von latenter Wärme gespeichert.

**[0051]** Die gespeicherte latente Wärme kann im Latentwärmespeichermedium langfristig gespeichert werden. Das Medium wird hierbei in einem unterkühlten Schmelzzustand im Wärmespeicher **100** gehalten.

**[0052]** Bei Wärmebedarf eines mit dem Rücklaufanschluss **174** fluidisch gekoppelten Wärmeverbrauchers (z.B. Heizung) wird die im Latentwärmespeichermedium gespeicherte latente Wärme kontrolliert abgerufen. Hierbei wird die im zweiten Hohlraum **123** angeordnete und mit dem Latentwärmespeichermedium in Kontakt stehende Auslöseeinrichtung aktiviert, wodurch eine Kristallisation des im unterkühlten Schmelzzustand vorliegende Latentwärmespeichermediums ausgelöst wird. Die im Latentwärmespeichermedium des zweiten Hohlraums einsetzende Kristallisation pflanzt sich in den einzelnen Wärmespeicherelementen **180** fort. Die dabei schlagartig frei werdende latente Wärme wird an das in den ersten Hohlraum **113** und dritten Hohlraum **125** aufgenommene Wärmeträgermedium abgegeben, das über den Rücklaufanschluss zum Wärmeverbraucher

strömt. Da gemäß dem hier beschriebene Wärmespeicherdesign das Wärmeträgermedium nicht nur die Wärmespeicherelemente **180** sondern auch den zweiten Hohlraum **123** umströmt, kann die frei werdende Energie über die gesamte Länge des Wärmespeichers **100** effizient und schnell abgegriffen werden.

**[0053]** Das hier beschriebene Wärmespeicherdesign hat viele Vorteile. Zum einen verbessert die Portionierung des Wärmespeichermediums in kleine Mengen und Verteilung über viele Wärmespeicherelemente **180** den störungsfreien (und damit kontrollierbaren) Betrieb des Wärmespeichers **100**. Ein spontanes Rekristallisieren der unterkühlten Schmelze wird somit unwahrscheinlicher. Zum anderen ermöglicht das hier beschriebene Design der Wärmespeicherelemente **180** und deren hexagonale Anordnungsstruktur eine hohe Wärmespeicherdichte bei gleichzeitig verbessertem Wärmetransfer zwischen Latentwärmespeichermedium und Wärmeträgermedium. Ferner kann der mit den Wärmespeicherelementen **180** gekoppelte zweite Hohlraum **123** als Volumenausgleichsbehälter fungieren, wodurch der Wärmespeicher in jedem Betriebszustand bei Normaldruck betreibbar ist.

#### Anwendungsbeispiel

**[0054]** Der erste Hohlraum **113** des Wärmespeichers **100** ist zylinderförmig ausgestaltet mit einer Länge (Höhe) von 1500 mm und einem Radius von 200 mm. Somit beträgt das gesamte Fassungsvermögen des ersten Hohlraums **113** ungefähr 188.5 Liter.

**[0055]** Im ersten Hohlraum **113** sind ferner rohrförmige Wärmespeicherelemente **180** angeordnet, die einen Innenradius von 25 mm und eine Länge von ungefähr 1500 mm aufweisen. Ein jedes Speicherelement **180** realisiert somit einen Hohlkörper **128** mit einem Fassungsvermögen für das Latentwärmespeichermedium von ungefähr 2.95 Liter.

**[0056]** Jedes Wärmespeicherelement **180** weist ferner eine 1 mm starke Ummantelung auf. Die Wärmespeicherelemente **180** sind im ersten Behälterabschnitt **110** in einer hexagonalen Anordnungsstruktur angeordnet, wobei der Mindestabstand zwischen benachbarten Wärmespeicherelementen **180** in der hexagonalen Anordnungsstruktur 4 mm beträgt. Somit können ungefähr 48 Wärmespeicherelemente im ersten Hohlraum **113** des ersten Behälterabschnitts **110** untergebracht werden.

**[0057]** Die 48 Wärmespeicherelemente **180** können zusammen ungefähr 142 Liter Latentwärmespeichermedium aufnehmen. Das für das Wärmeträgermedium freistehende Restvolumen des ersten Hohlraums **113** kann unter Abzug des durch die 48 Wärmespeicherelemente verbrauchten Volumenanteils von un-



gefähr 153 Litern auf 35.5 Liter geschätzt werden.  
Das Verhältnis zwischen im ersten Hohlraum **113** aufgenommenen Latentwärmespeichermedium zu Wärmeträgermedium beträgt 142l: 35.5l und somit 4:1.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- AT 382636 B [0005]
- EP 2273226 B1 [0006]
- DE 102012024211 A1 [0007]
- EP 3056848 A1 [0012]

### Patentansprüche

1. Wärmespeicher (100) zur Speicherung von Wärme, umfassend:

einen Behälter (105), der einen ersten Behälterabschnitt (110) und einen zweiten Behälterabschnitt (120) aufweist; und

eine Vielzahl von Wärmespeicherelementen (180), die jeweils zur Aufnahme eines Latentwärmespeichermediums vorgesehen sind;

wobei im ersten Behälterabschnitt (110) ein erster Hohlraum (113) ausgebildet ist, der zur Aufnahme der Vielzahl der Wärmespeicherelemente (180) vorgesehen ist und mit einem Wärmeträgermedium befüllbar ist, das die Wärmespeicherelemente (180) umgibt, wobei im zweiten Behälterabschnitt (120) ein mit dem Latentwärmespeichermedium befüllbarer zweiter Hohlraum (123) und einen mit dem Wärmeträgermedium befüllbarer dritter Hohlraum (125) ausgebildet ist, und

wobei die Wärmespeicherelemente (180) zum zweiten Hohlraum (123) des zweiten Behälterabschnitts (120) hin offen ausgebildet sind, so dass ein jedes Wärmespeicherelement (180) mit dem zweiten Hohlraum (123) in Verbindung steht.

2. Wärmespeicher (100) nach Anspruch 1, ferner umfassend eine Einrichtung zur Aktivierung eines Phasenwechsels des Latentwärmespeichermediums, wobei die Aktivierungseinrichtung zumindest teilweise im zweiten Hohlraum (123) des zweiten Behälterabschnitts (120) angeordnet ist.

3. Wärmespeicher (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jedes Wärmespeicherelement (180) als Hohlkörper (182) ausgebildet ist, wobei der Hohlkörper (182) eine Ummantelung (184) mit einem offenen ersten Ende (186) und einem geschlossenen zweiten Ende (188) aufweist.

4. Wärmespeicher (100) nach Anspruch 3, wobei jedes Wärmespeicherelement (180) mit seinem offenen ersten Ende (186) mit dem zweiten Hohlraum (123) des zweiten Behälterabschnitts (120) gekoppelt ist.

5. Wärmespeicher (100) nach Anspruch 3 oder 4, wobei der Hohlkörper (182) eines jeden Wärmespeicherelements (180) derart dimensioniert ist, dass er ein Aufnahmevolumen von  $\leq 500$  l, bevorzugt von  $\leq 300$  l, noch bevorzugter von  $\leq 100$  l für das Latentwärmespeichermedium bereitstellt.

6. Wärmespeicher (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei der Hohlkörper (182) eines jeden Wärmespeicherelements (180) in Richtungen senkrecht zu seiner Längsrichtung derart dimensioniert ist, dass ein jedes Volumenelement im Hohlkörper (182) einen kürzesten Abstand zur Ummantelung (184) von  $\leq 35$  mm, bevorzugt von  $\leq 20$  mm aufweist.

7. Wärmespeicher (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei der Hohlkörper (182) rotationssymmetrisch ausgebildet ist mit einer in Längsrichtung des Hohlkörpers (182) verlaufenden Rotationsachse.

8. Wärmespeicher (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 7, wobei die Ummantelung (184) des Hohlkörpers (182) aus einem starren oder flexiblen wärmeleitfähigen Material besteht.

9. Wärmespeicher (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Wärmespeicherelemente (180) im Inneren des ersten Behälterabschnitts (110) gemäß einem vorgegebenen Anordnungsmuster angeordnet sind.

10. Wärmespeicher (100) nach Anspruch 9, wobei das Anordnungsmuster derart gewählt ist, das wenigstens eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- benachbarte Wärmespeicherelemente (180) weisen zueinander einen vorgegebenen Mindestabstand auf; und

- das Volumenverhältnis zwischen dem in den Wärmespeicherelementen (180) aufgenommenen Latentwärmespeichermedium und dem im ersten Behälterabschnitt (110) aufgenommenen Wärmeträgermedium ist  $\geq 4:1$ .

11. Wärmespeicher (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend eine am Übergang zwischen dem ersten Behälterabschnitt (110) und dem zweiten Behälterabschnitt (120) angeordnete Lagereinrichtung (140) zur Lagerung der Wärmespeicherelemente (180).

12. Wärmespeicher (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend wenigstens einen Durchlasskanal (176), der den ersten Hohlraum (113) mit dem dritten Hohlraum (125) fluidisch koppelt.

13. Wärmespeicher (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend wenigstens einen Wärmeträgermedium-Vorlaufanschluss (172) zum Zuführen des Wärmeträgermediums und wenigstens einen Wärmeträgermedium-Rücklaufanschluss (174) zum Abführen des Wärmeträgermediums.

14. Wärmespeicher (100) nach Anspruch 13, wobei der wenigstens eine Wärmeträgermedium-Vorlaufanschluss (172) in den ersten oder dritten Hohlraum (113, 125) und der wenigstens eine Wärmeträgermedium-Rücklaufanschluss (174) in den dritten oder ersten Hohlraum (125, 113) mündet.

15. Wärmespeicher (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Hohlraum des zweiten Behälterabschnitts derart ausgebildet und angeordnet ist, dass er den zweiten Hohlraum des

zweiten Behälterabschnitts in Umfangsrichtung umgibt.

16. Wärmespeicher (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Latentwärmespeichermedium ein Salzhydrat, bevorzugt Natriumacetat-Trihydrat, ist, und/oder wobei das Wärmeträgermedium Wasser ist.

17. Wärmespeichersystem, umfassend:  
eine Anordnung von wenigstens zwei Wärmespeichern (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche;  
wobei die wenigstens zwei Wärmespeicher (100) derart angeordnet und miteinander gekoppelt sind, dass die Anordnung wahlweise in Parallelschaltung oder in Reihenschaltung betreibbar ist.

18. Wärmespeichersystem nach Anspruch 17, ferner umfassend eine Steuereinrichtung, wobei die Steuereinrichtung dazu ausgebildet ist, die Anordnung abhängig vom Energiebedarf in Parallelschaltung oder Reihenschaltung zu betreiben.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

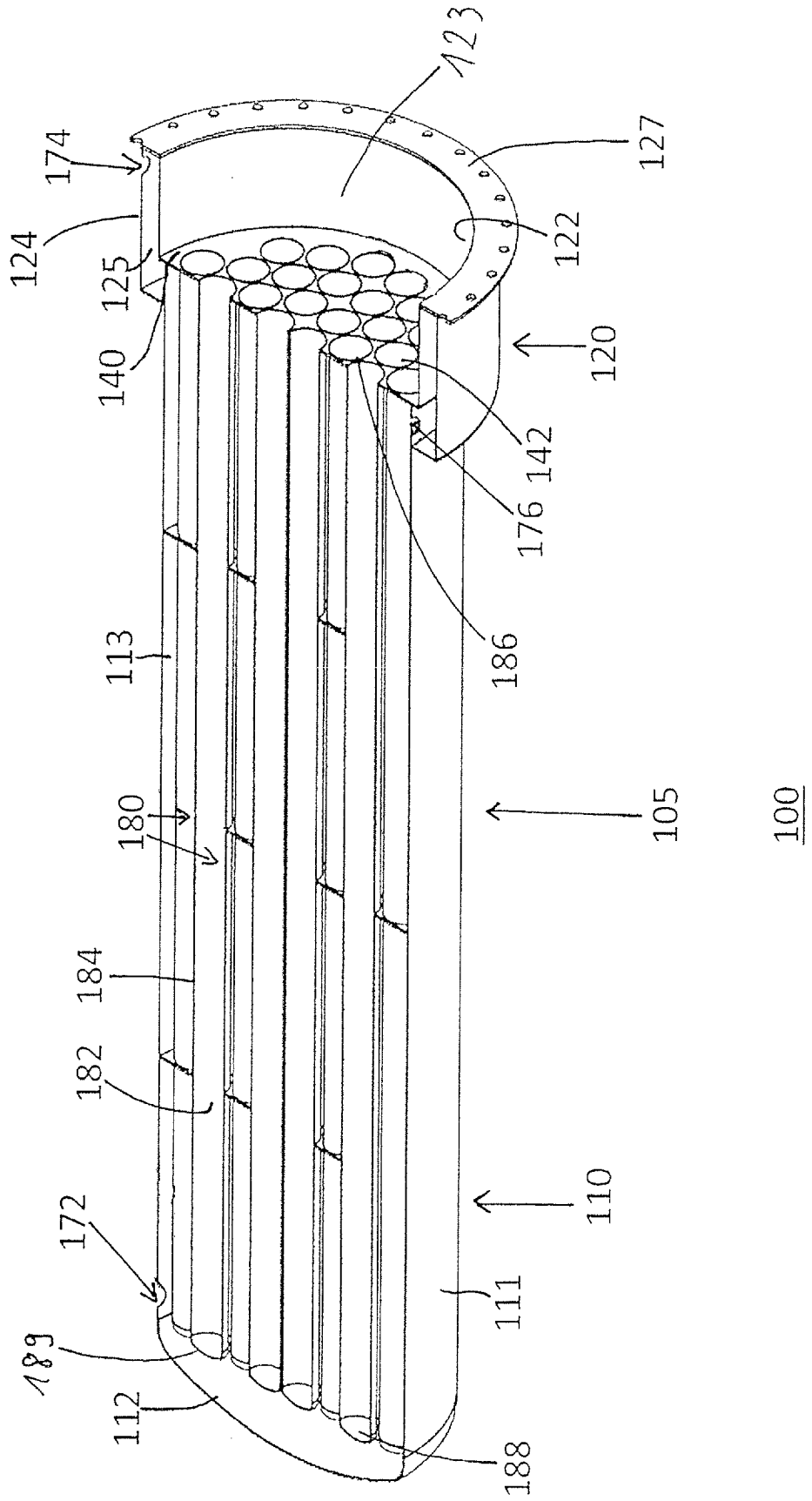


Fig. 2a

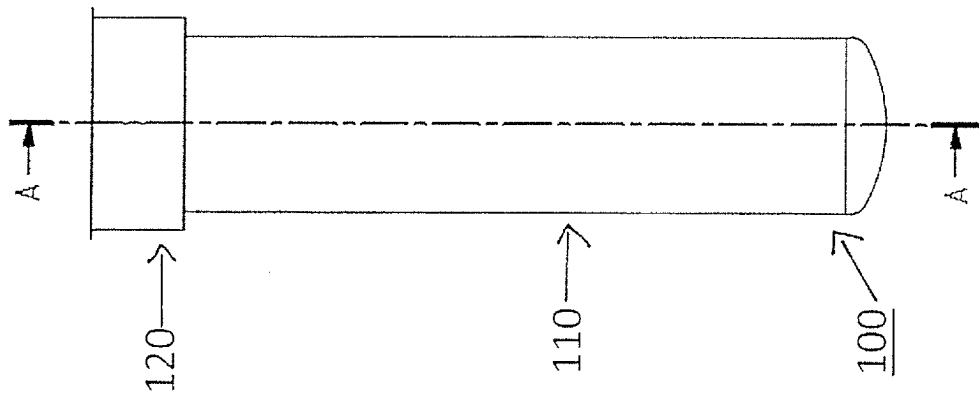


Fig. 2b

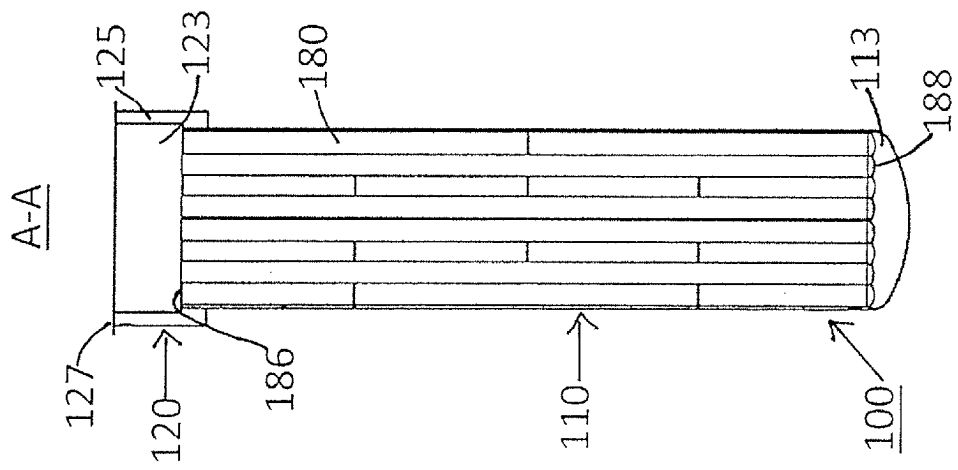


Fig. 2c

