



(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Aktenzeichen: **20 2013 105 759.2**
(22) Anmeldetag: **18.12.2013**
(47) Eintragungstag: **04.02.2014**
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **13.03.2014**

(51) Int Cl.: **F28D 20/02 (2006.01)**
C09K 5/08 (2006.01)

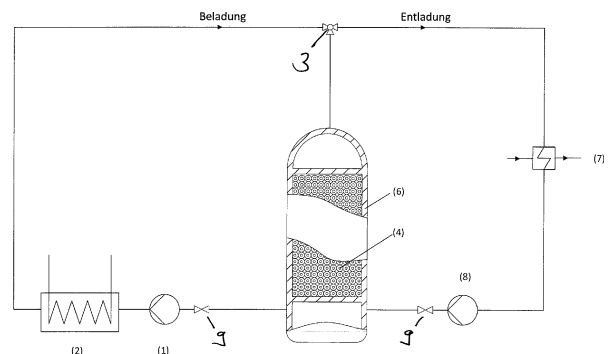
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Kretschmer, Marwin, 01723, Mohorn, DE;
Kretschmer, Rutger, Dr.-Ing. habil., 01723,
Mohorn, DE; Kretschmer, Silvan, 01723, Mohorn,
DE

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
Sperling, Fischer & Heyner Patentanwälte, 01277,
Dresden, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Latentwärmespeicher mit Speicherelementen**

(57) Hauptanspruch: Latentwärmespeicher mit einer von einem Arbeitsfluid durchströmbar Latentwärmespeichermatrix, wobei die Latentwärmespeichermatrix aus einer Vielzahl von Kugeln (4) ausgebildet ist und die Kugeln (4) aus einer Hohlkugel aus einem dünnen, formstabilen wärmeleitendem Material und einem von der Hohlkugel umschlossenen Latentwärmespeichermaterial (5) aufgebaut sind und dass die Kugeln (4) im Latentwärmespeicher als Kugelschüttung angeordnet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Latentwärmespeicher, insbesondere einen Kugelhaufen-Latentwärmespeicher.

[0002] Ein Anwendungsgebiet der Erfindung liegt auf dem Gebiet der Energiespeicherung, beispielsweise für die Energiespeicherung nach Umwandlung elektrischer Energie in Wärmeenergie auf hohem Temperaturniveau.

[0003] Wegen der zunehmenden Einspeisung fluktuierender regenerativer Energie, wie Windenergie und Photovoltaik, in das Stromnetz erhält die Kurzfristspeicherung thermischer und elektrischer Energie künftig zunehmende Bedeutung. Zur Kurzfristspeicherung elektrischer Energie stehen im Wesentlichen derzeit nur Pumpspeicherkraftwerke zur Verfügung, welche hinsichtlich ihrer Kapazität und Ausbaumöglichkeit begrenzt sind. Andere großtechnisch und mit ökonomischer Vernunft einsetzbare Speicher für elektrische Energie sind trotz rasant steigenden Bedarfs derzeit nicht absehbar.

[0004] Die effiziente Speicherung von thermischer Energie eröffnet Wege zur mittelbaren und unmittelbaren Stromspeicherung unter Verwendung herkömmlicher energietechnischer Anlagen.

[0005] Lithium-Ionen-Batterien zur unmittelbaren Speicherung elektrischer Energie sind noch sehr teuer und bisher nicht für den großtechnischen Einsatz geeignet, das gleiche trifft derzeit auf die power-to-gas-Speicherung zu. Die hohen Investitionen zwingen zu großen, nicht dezentral zu errichtenden Anlagen. Hierdurch ist die Anzahl potenzieller Energiespeicherstandorte stark eingeschränkt. Die mittelbare Stromspeicherung, z.B. in Warmwasserspeichern, ist wegen des geringen Temperaturniveaus und der relativ geringen spezifischen Speicherkapazität fühlbarer Wärme kaum möglich. Die Speicherung von Wärme in Systemen mit Phasenwechsel, wie Salzschnmelzen oder Eisspeicher, sind im Stand der Technik im Prinzip bekannt. Die dort dargestellten Verfahren sind jedoch kompliziert, weil die Ein- beziehungsweise Auskopplung von Wärme durch erstarrendes, beziehungsweise aufschmelzendes Speichermedium und damit verbundenen Änderungen im Wärmeübergang sehr erschwert wird.

[0006] Aus dem Stand der Technik ist aus der DE 30 38 723 C2 die Verwendung einer Wärmespeichermasse für den regenerativen Wärmeaustausch bekannt. Dabei wird die Verwendung einer aus zwei verschiedenen Materialien bestehenden Wärmespeichermasse offenbart, deren Wärmespeicherkapazität vorwiegend auf der Wärmespeicherkapazität des Latentwärmespeichermaterials beruht, welches in regelmäßig oder statistisch verteilte Hohlräume oder Poren eines Trägermaterials eingelagert ist. Die Wärmespeichermasse wird als Kugel, Zylinder oder Ellipsoid und insbesondere als Hohlkugel für die Anwendung in einer Wirbelschicht ausgebildet. Nachteilig bei dieser Art der Ausformung der Wärmespeichermasse ist der relativ hohe Platzbedarf, insbesondere bei der Ausbildung der Wärmespeichermasse als Hohlkugel, wobei das Material der Hohlkugel selbst das Speichermaterial enthält. Außerdem ist zwar die Wärme übertragende Oberfläche im Vergleich zur Masse des Speichermaterials sehr groß, die Einsatzmöglichkeit von Phasen wechselndem Speichermaterialien ist allerdings begrenzt.

[0007] Nach der DE 25 52 698 A1 ist ein Wärmespeicher bekannt, der eine hohe Speicherkapazität aufweist. Der Wärmespeicher ist dadurch gekennzeichnet, dass ein vorzugsweise gut isolierter Speicherbehälter, der mit einem Leitungssystem für ein Wärmetransportmedium ausgerüstet ist, mit einer Schüttung aus einer Vielzahl von Hohlkörpern gefüllt ist. Die Hohlkörper enthalten ein Phasenwechselmaterial. Weiterhin ist der Wärmespeicher selbst mit einer Speicherflüssigkeit angefüllt. Nachteilig an dieser Ausgestaltung ist, dass die Wärmeübertragung in dem Wärmespeicher über ein Leitungssystem mit einem Wärmetransportmedium und die Hohlkörper sowie zusätzlich eine Speicherflüssigkeit realisiert wird. Dies bedingt zusätzliche Wärmeübertrager für die Übertragung von Wärme auf das Wärmetransportmedium und die Vorrichtung ist somit komplex aufgebaut und beinhaltet mehrere Komponenten, was höhere Kosten in der Anschaffung und einen höheren Aufwand durch Wartung beim Betrieb der Anlage bedingt.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Latentwärmespeicher für die Kurzfristspeicherung von Hochtemperaturwärme zur Verfügung zu stellen, der einfach und robust aufgebaut ist und kostengünstig betrieben werden kann. Weiterhin soll ein Verfahren zur Herstellung eines Latentwärmespeichers angegeben werden.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung wird durch einen Kugelhaufen-Latentwärmespeicher mit den Merkmalen des Schutzanspruchs 1 gelöst. Weiterbildungen sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0010] Konzeptionsgemäß wird das Problem der Kurzfristspeicherung von Wärme auf technisch einfache Weise durch einen Kugelhaufen- Latentwärmespeicher gelöst. Der Kugelhaufen-Latentwärmespeicher weist eine hohe innere Oberfläche auf und trennt gleichzeitig das Speichermedium vom übrigen Prozess. Er besitzt weder bewegliche noch anderweitig verschleißende Bauteile. Durch Kapselung des eigentlichen Speichermediums in einer kugelförmigen Umhüllung wird der Wärmeübergang deutlich verbessert und die Wechselwirkung der zum Teil aggressiven Speichermedien mit der Speicheranlage werden minimiert.

[0011] Der Prozess der Energiespeicherung und die dazu angegebene Vorrichtung sind vorzugsweise im unteren bis mittleren Megawattstundenbereich einsetzbar. Auf Grund seiner Bauweise kann der Speicher modular aufgebaut werden.

[0012] Mit Hilfe der Erfindung ist es möglich, Überschussstrom aus regenerativer Erzeugung über kurze und mittlere Zeiträume mittelbar zu speichern und bei Bedarf wieder abzugeben. Die Zeitdauer der Speicherung wird von den Wärmeverlusten des Systems und dort maßgeblich von der Qualität und Dicke der Wärmeisolierung determiniert. Das Verfahren ist grundsätzlich in Verbindungen mit Kraft-Wärme-Kopplungs-Prozessen in Wärmesenken jeglicher Art anwendbar, die Anlagengrößen sind skalierbar. Wegen der relativen Kleinheit gegenüber konventionellen Kurzfristspeichern ist eine flächenhafte Durchdringung bei relativ geringen absoluten Investitionssummen gewährleistet. Durch Anwendung der Erfindung können Investitionen für den Stromnetzausbau verringert werden.

[0013] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile von Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen. Es zeigen:

[0014] Fig. 1a: Schaltbild der Kurzfristenergiespeicherung mittels Kugelhaufen-Latentwärmespeicher,

[0015] Fig. 1b: Querschnitt einer Hohlkugel mit Latentwärmespeichermaterial und

[0016] Fig. 2a, b, c, d, e: Hohlkugel mit Latentwärmespeichermaterial

[0017] In Fig. 1a ist ein Prinzipschaltbild der Kurzfristenergiespeicherung mittels Kugelhaufen-Latentwärmespeicher und in Fig. 1b ist eine Kugel 4 des Kugelhaufen-Latentwärmespeichers dargestellt. Eine Druckerhöhungseinrichtung in Form beispielsweise eines Gebläses oder einer Pumpe 1 fördert ein Arbeitsfluid als Wärmeträger, entsprechend Gas oder Flüssigkeit, in eine Einrichtung zur Einkopplung der Wärme in den Speicher. Diese Einrichtung ist im dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung als Hochtemperaturwärmeübertrager 2 ausgebildet und führt dem Arbeitsfluid indirekt Wärme auf einem bestimmten Temperaturniveau zu. Alternativ dazu ist die direkte Wärmeübertragung durch Wärmeeintrag in das Arbeitsfluid möglich.

[0018] Bei der Hochtemperaturspeicherung erfolgt die Wärmeeinkopplung direkt mittels elektrischer Widerstandsheizung oder mittels eines elektrischen Lichtbogens, bei der Speicherung auf niedrigem Temperaturniveau, beispielsweise bei der Anwendung als Eisspeicher, wird die Wärme mittelbar über einen Wärmeübertrager aus zum Beispiel einer elektrisch angetriebenen Kältemaschine eingekoppelt. Die Beladung des Latentwärmespeichers erfolgt in jedem Fall durch Nutzung von Elektroenergie. Dadurch entnimmt der Kugelhaufen-speicher bei einer Beladung Überschuss-Strom aus dem Netz. Selbstverständlich kann der Speicher auch auf andere Art beladen werden, zum Beispiel durch Abgase einer Gasturbine.

[0019] Das Arbeitsfluid gelangt bei der Beladung über das Mehrwegeventil 3 zur Latentwärmespeichermatrix und durchströmt diese. Die Latentwärmespeichermatrix ist als Kugelhaufen, auch als Kugelschüttung bezeichnet, ausgeführt. Das Arbeitsfluid gibt dabei Wärme an die Speichermatrix ab. Die Kugeln 4 der Latentwärmespeichermatrix sind aus Hohlkugeln aus einem dünnen Mantel wärmeleitenden Materials, zum Beispiel hochwärmefester Stahl, Keramik oder dergleichen, ausgebildet, welches gleichzeitig eine hohe Korrosions- und Gestaltfestigkeit aufweist und auch durch Innendruck belastbar ist. Das Innere der Kugel 4 ist mit einem Latentwärmespeichermaterial 5 befüllt. Einsatz finden dabei beispielsweise reines Salz oder Salzgemische oder Wasser. Latentwärmespeichermaterialien ist zu eigen, dass diese beim Phasenübergang fest/flüssig und flüssig/fest Schmelzwärme aufnehmen beziehungsweise abgeben.

[0020] Das von den Kugeln 4 eingenommene geometrische Volumen im Speicherbehälter mit einer Höhe H und einem Durchmesser D beträgt bei Vernachlässigung von Randeffekten, einem gegenüber dem Speicherdurchmesser sehr kleinen Kugeldurchmesser und dichtester Packung zirka 74%. Unter Berücksichtigung der Kugelwandung mit der Stärke s verringert sich das wirksame Volumen weiter. Da das Latentwärmespeicher-

material **5** im Innern der Kugel **4** mit dem Radius r beim Phasenwechsel eine Volumenänderung erfährt, kann nicht der gesamte Kugellinnenraum mit Speichermedium gefüllt werden. Die Kugeln **4** sollen keinem Innendruck ausgesetzt sein, um Zerstörungen zu vermeiden. Daher muss die Volumenänderung beim Phasenwechsel in Form eines Hohlraums berücksichtigt werden, was in **Fig. 1b** dargestellt ist. Der Hohlraum der Hohlkugel ist nur teilweise mit Latentwärmespeichermaterial **5** ausgefüllt. Dies hat ebenfalls Einfluss auf die zur Latentspeicherung verfügbare effektive Masse m_{eff} im Speicher. Die effektive Masse m_{eff} ergibt sich bei einem Behälter der Höhe H und des Durchmessers D und mit Kugeln des Radius r und deren jeweiliger Wandstärke s unter Beachtung der minimalen Dichte des Kugelinhalts ρ_{min} nach wie folgt:

$$m_{\text{eff}} = \rho_{\text{min}} \cdot \pi/4 \cdot D^2 \cdot H \cdot 0,74 \cdot (1 - s/r)$$

[0021] Durch die Wahl des Kugeldurchmessers können die für den Prozess maßgeblichen Parameter, wie Strömungswiderstand und Be- und Entladezeiten, exakt eingestellt werden. Der Einschluss der Salzsichelze als Latentwärmespeichermaterial **5** in eine Kugel **4** aus wärmebeständigem Material sichert auch, dass die Salzsichelze keine Korrosionsangriffe auf die Anlage ausüben kann und die Kugeln **4** gegebenenfalls austauschbar sind. Zudem wird ein Eintrag des Speichermaterials in den Prozess verhindert. Die Einbettung des Speichermediums in die beschriebenen Hohlkugeln gestattet es auch, die konstruktiv sehr schwierig zu lösende Aufgabe des schnellen Be- und Entladens zu bewältigen, weil der Speicher durch das Kugelhaufenprinzip eine große innere Oberfläche für den Wärmeübergang aufweist und jederzeit definierte Wärmeübergangsverhältnisse an den Kugelwandungen herrschen.

[0022] Die Speichermatrix wird zweckmäßiger Weise in einem zylindrischen Behälter angeordnet, welcher an seiner Unter- und Oberseite jeweils Zu- bzw. Abströmeinrichtungen aufweist. Die Beladung des Speichers erfolgt zur Vermeidung von konvektionsbedingten Dissipationsverlusten zweckmäßiger Weise entgegen der Schwerkraft. Der Speicherbehälter ist für Hochtemperaturanwendung aus wärmefestem Stahl gefertigt und zumindest an seiner Außenwand hinreichend stark gegen Wärmeverluste mittels einer Isolierung **6** isoliert. Ein innerer Schutz über eine Isolierung der Speicherwandungen gegen Temperatureinflüsse ist zusätzlich möglich. Die Stärke der Isolierung **6** als Außenisolierung ist der entscheidende Parameter für die Zeit, in welcher der beladene Speicher nutzbare Exergie bereithält. Das Arbeitsfluid gelangt in der Phase der Beladung nach dem Speicher über das entsprechend geschaltete Absperrorgan **9** zu der Pumpe **1** und der Kreislauf des Arbeitsfluids ist geschlossen.

[0023] Das Temperaturniveau der Latentwärmespeicherung wird abhängig von der Materialbelastbarkeit der Umhüllung durch die Wahl des Kugelinhalts festgelegt. Für eine nachfolgende Rückumwandlung der gespeicherten Wärme in elektrische Energie sind hinsichtlich der Stromausbeute möglichst hohe Temperaturen vorteilhaft. Bei Nutzung von kostengünstigem Natriumchlorid (NaCl) als Latentwärmespeichermaterial ergibt sich zum Beispiel ein Phasenübergang fest/flüssig bei etwa 810 °C. Die spezifische Schmelzwärme ist mit 493 kJ/kg um ein vielfaches höher als bei Festkörper- oder Flüssigkeitsspeichern, das heißt bei Nutzung fühlbarer Wärme. Die Nutzung der Schmelzwärme des Salzes oder von Wasser führt zu einer sehr hohen volumetrischen Wärmekapazität und einer Wärmeaufnahme/-abgabe bei konstanter Temperatur.

[0024] Die Herstellung der Kugeln **4** im industriellen Maßstab ist einfach und kostengünstig möglich und wird schematisch in den **Fig. 2a** bis **Fig. 2e** verdeutlicht. Hierzu wird zunächst eine Rohkugel **11** aus dem Latentwärmespeichermaterial **5**, dem Speichersalz, mittels einer angedeuteten hydraulischen Hochdruckpresse **10** oder durch Gießen erzeugt. Das solchermaßen geformte Speichersalz wird sodann mit zwei Halbkugeln **12** aus wärmefestem Material, zum Beispiel Stahl, umschlossen und unter Schutzatmosphäre maschinell mittels einer Schweißnaht **13** verschweißt.

[0025] Alternativ zum Verschweißen der Halbkugeln **12** kann auch ein seit 1897 bekanntes Umformverfahren zur Herstellung von Metallhohlkugeln aus einem Stück angewendet werden. Dann muss das Speichermedium durch eine anschließend zu verschweißende Einfüllöffnung **14** in flüssiger Phase eingefüllt werden. Das verhindert zugleich die Überfüllung der Hohlkugel mit Blick auf das Kompensationsvolumen. Bei Verwendung von Wassereis als Speichermedium sind die Kugeln **4** automatisiert mit der Flüssigphase und unter Beachtung des Kompensationsvolumens füllbar und nachfolgend durch Verschweißen der Einfüllöffnung **14** zu verschließen.

[0026] Die Schutzatmosphäre füllt auch den oben beschriebenen Kompensationshohlraum in der Kugel **4** aus. Der Prozess der Speicherkugelherstellung ist vollständig automatisierbar. Beim erstmaligen Erhitzen der fertigen Speicherkugel über die Phasenwechseltemperatur hinaus verflüssigt sich das Speichersalz und hat hierdurch innigen Kontakt mit der Innenwandung der Kugelhülle, was den Wärmeübergang sicherstellt. Gleichzei-

tig bildet sich ein nicht mit Speichermedium gefüllter Hohlraum aus, der zur Kompensation von Volumenänderungen notwendig ist, wie in **Fig. 1b** gezeigt ist.

[0027] Bei der Beladung des Wärmespeichers wird dem Stromnetz in Zeiten von Stromüberschuss preiswerte elektrische regenerative Energie entzogen und dem Kugelhaufen durch das Arbeitsfluid als thermische Energie zur Speicherung zugeführt. Der Beladeprozess kann so lange ausgeführt werden, bis der Inhalt aller Speicherkugeln verflüssigt/verfestigt ist. Verfahrenstechnisch wird das Ende des Beladungsvorgangs, d.h. der vollständige Phasenwechsel der Kugelinhalte, dadurch detektiert, dass eine plötzliche Temperaturänderung am Austritt des Speicherbehälters festgestellt wird.

[0028] In Zeiten von relativem Strommangel und damit höheren Preisen als bei der Beladung, wird der Speicher gemäß schematischer Darstellung in **Fig. 1a** direkt durch einen wärmenutzenden Prozess oder mittels einer Entladeeinrichtung, die als Pumpe oder Gebläse **8** ausgeführt ist, entladen. Hierbei wird über die Speichermatrix Wärme auf das Arbeitsfluid übertragen. Das Arbeitsfluid gibt seine Wärme direkt an einen wärmenutzenden Prozess ab oder über einen Wärmeübertrager **7**. Analog kann auf den Bezug von Strom aus dem Netz verzichtet werden, wenn der Eisspeicher zwecks Kühlung nachgeschalteter Prozesse entladen wird.

[0029] Die Umwandlung der gespeicherten thermischen Energie in elektrische Energie und gegebenenfalls Nutzwärme kann über verschiedene dem Speicher nachgeordnete Einrichtungen erfolgen:

- Wasserdampfkreisprozess mit Dampfspeicherung in einem RUTHS-Speicher und Überhitzung des Wasserdampfes mittels Kugelhaufen-Latentwärmespeicher (KHS),
- Organic-Rankine-Cycle (ORC) mit KHS als Wärmequelle,
- Druckluftspeicherung und Nutzung des KHS als Wärmequelle zur Aufwärmung der Luft vor der Entspannung,
- KHS als Wärmequelle für einen geschlossenen Gasturbinenprozess,
- KHS als Eisspeicher für Industriekälte und Klimatisierung und
- Mobile KHS für leitungsunabhängigen Wärmetransport.

[0030] Die Entladung des Speichers ist beendet, wenn die Temperatur am Austritt des Speichers sich plötzlich stark ändert, was der Hinweis auf eine vollständige Verfestigung des Speichersalzes ist. Die Strömungsrichtung der Speicherbe- und Entladung muss entgegengesetzt sein, um die Exergieverluste durch Dissipationseffekte zu vermindern.

[0031] Das Arbeitsfluid ist durch eine möglichst hohe spezifische Wärmekapazität und inertes Verhalten gekennzeichnet. Somit sind die Anlagenteile keiner Korrosion ausgesetzt. Bei Auswahl eines Arbeitsfluides mit hoher spezifischer Wärmekapazität verringern sich die Abmessungen der Anlage und damit die Baukosten erheblich. Als Arbeitsfluid kann bei Arbeitstemperaturen bis 400 °C synthetisches Thermoöl eingesetzt werden.

[0032] Mittels eines Gas-Gas-, oder Flüssigkeits-Gas-, oder Flüssigkeits-Flüssigkeits-Wärmeübertragers **7** wird die Wärme in den nachfolgenden Prozess eingekoppelt.

[0033] Der Kugelhaufen-Latentwärmespeicher ist nach dargelegtem bevorzugten Ausführungsbeispiel ein ideal isolierter Behälter mit den Maßen: Höhe 20 m, Durchmesser 7 m und ist bei Kugelfüllung mit NaCl in der Lage, 111 MWh thermische Energie auf einem Temperaturniveau von etwa 800 °C zu liefern. Abhängig vom eingesetzten Speichermedium variieren Arbeitstemperatur und Speichervermögen gemäß nachfolgender Tabelle.

[0034] Einfluss des Speichersalzes auf Temperatur und Speichervermögen bei einem Behälter mit 20 m Höhe und 7 m Innendurchmesser

Zylinder			Kugel	
Höhe	m	20	Wanddicke s	6 mm
Durchmesser	m	7	Radius R	100 mm
Kugelpackung dicht	-	74%		
Kugel-Volumen	m ³	535		

Speichermedium	Stoffwerte am Schmelzpunkt				
	Temperatur [°C]	Enthalpie [kJ/kg]	min. Dichte [kg/m ³]	eff. Masse [t]	Kapazität [MWh]
Natriumchlorid	810	493	1.520	814	111
Kaliumnitrat*	334	116	2.100	1.124	36
MgCl ₂ /NaCl/KCl	385	461	1.730	926	119
Wassereis	0	332	916	490	45
Wasser, flüssig, dT = 50 K	100	4,2	980	525	31

Bezugszeichenliste

- 1** Pumpe, Gebläse
- 2** Hochtemperaturwärmeübertrager
- 3** Mehrwegeventil
- 4** Kugel
- 5** Latentwärmespeichermaterial
- 6** Isolierung
- 7** Wärmeübertrager
- 8** Pumpe, Gebläse
- 9** Absperrorgane
- 10** Hochdruckpresse
- 11** Rohkugel
- 12** Halbkugel
- 13** Schweißnaht
- 14** Einfüllöffnung

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

- DE 3038723 C2 [0006]
- DE 2552698 A1 [0007]

Schutzansprüche

1. Latentwärmespeicher mit einer von einem Arbeitsfluid durchströmbaren Latentwärmespeichermatrix, wobei die Latentwärmespeichermatrix aus einer Vielzahl von Kugeln (4) ausgebildet ist und die Kugeln (4) aus einer Hohlkugel aus einem dünnen, formstabilen wärmeleitendem Material und einem von der Hohlkugel umschlossenen Latentwärmespeichermaterial (5) aufgebaut sind und dass die Kugeln (4) im Latentwärmespeicher als Kugelschüttung angeordnet sind.
2. Latentwärmespeicher nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hohlkugel aus Stahl, Kunststoff oder Keramik ausgebildet ist.
3. Latentwärmespeicher nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hohlkugel nicht vollständig mit Latentwärmespeichermaterial (5) ausgefüllt ist.
4. Latentwärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Latentwärmespeichermaterial (5) Natriumchlorid, Kaliumnitrat oder Mischungen von Magnesiumchlorid, Natriumchlorid, Kaliumchlorid oder Wasser in den Hohlkugeln angeordnet ist.
5. Latentwärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Latentwärmespeicher als ein Zylinder mit zwanzig Metern Höhe und sieben Metern Durchmesser ausgebildet ist, wobei die im Zylinder angeordneten Kugeln (4) einen Radius von einhundert Millimetern und eine Wanddicke von sechs Millimetern aufweisen.
6. Latentwärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zylinder des Latentwärmespeichers aus einem wärmefesten Stahl ausgebildet ist.
7. Latentwärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Latentwärmespeicher außen und/oder innen eine Isolierung (6) aufweist.
8. Latentwärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hohlkugeln der Kugeln (4) aus zwei Halbkugeln zusammengesetzt und miteinander verbunden sind.
9. Latentwärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Latentwärmespeicher aus mehreren Modulen aufgebaut ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

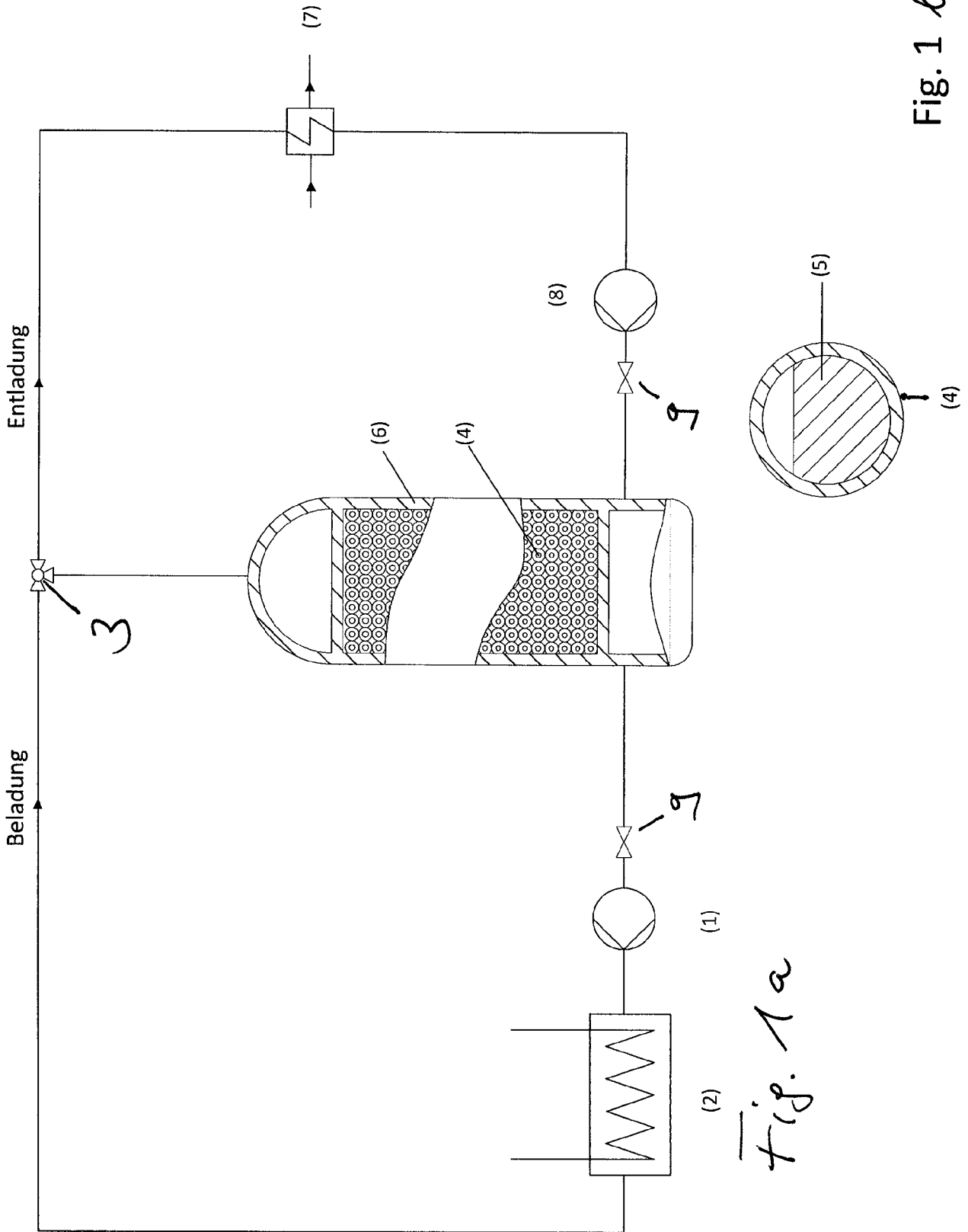


Fig. 1a

Fig. 1b

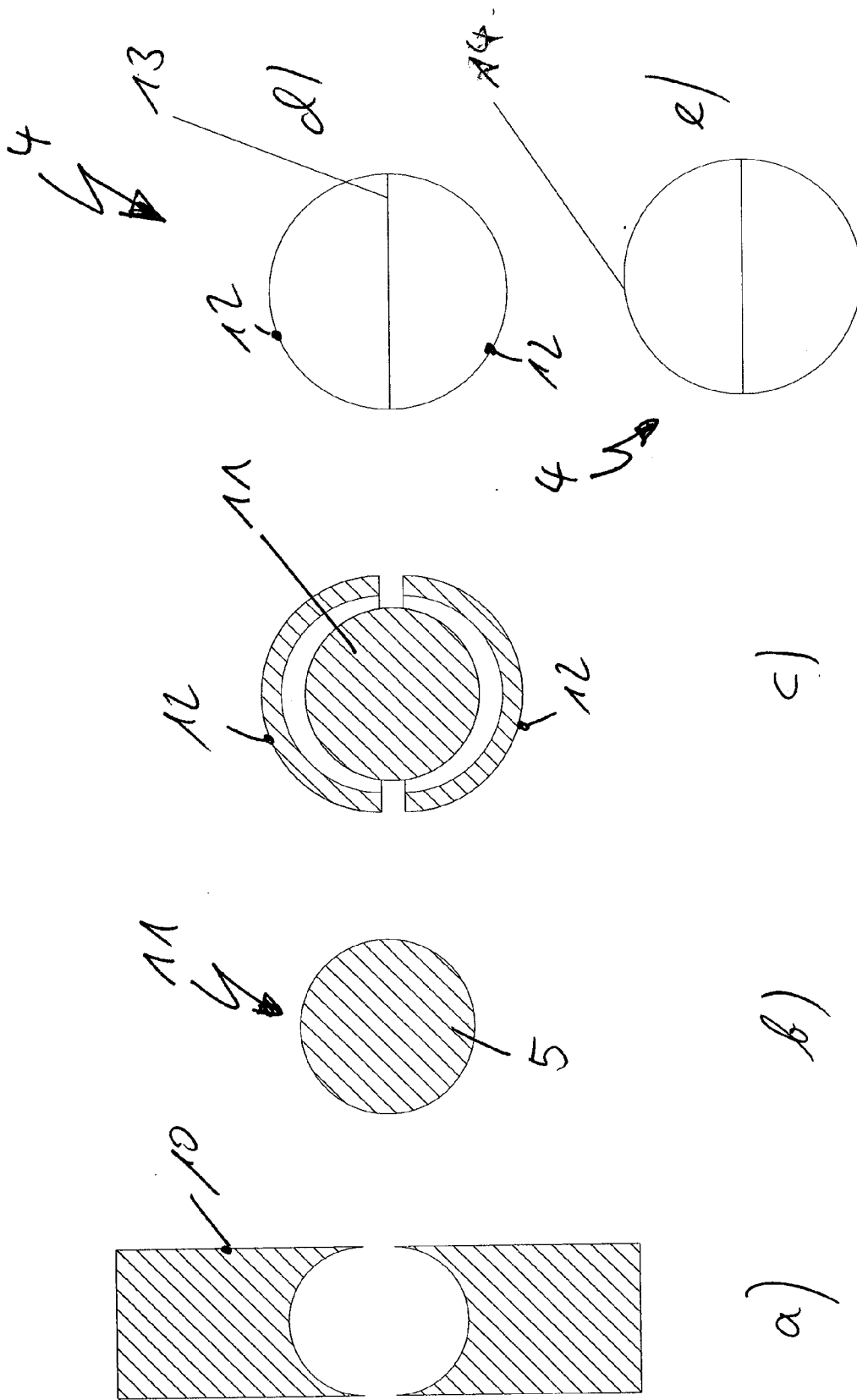


Fig. 2