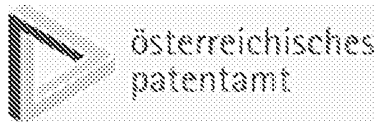


(19)



(10)

AT 520338 A4 2019-03-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer:

A 77/2018

(22) Anmeldetag:

22.03.2018

(43) Veröffentlicht am:

15.03.2019

(51) Int. Cl.:

F24H 9/20

(2006.01)

F28F 27/00

(2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:

US 2013077944 A1

DE 9002297 U1

(71) Patentanmelder:

BIOENERGY 2020+ GmbH

8010 Graz (AT)

(72) Erfinder:

Lichtenegger Klaus Dipl.Ing. Mag. Dr.

8010 Graz (AT)

Gotthardt Sebastian BSc

8010 Graz (AT)

Schulz Jonas Dipl.Ing.

8041 Graz (AT)

Muschick Daniel Dipl.Ing. Dr.

8010 Graz (AT)

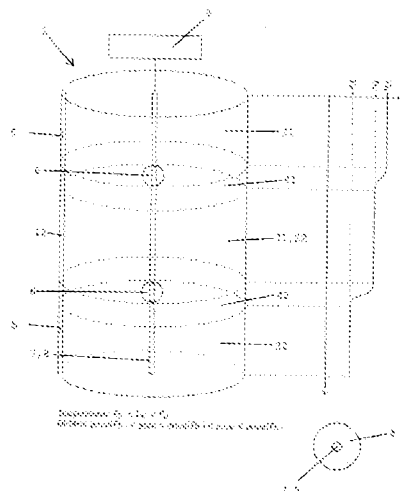
(74) Vertreter:

Beer & Partner Patentanwälte KG

1070 Wien (AT)

(54) **Wärmespeicher und Verfahren zum Bestimmen der Position einer Thermokline**

(57) Ein Wärmespeicher zum Speichern und Abgeben von thermischer Nutzenergie umfasst einen zumindest teilweise mit einem Fluid, insbesondere mit Wasser, befüllten Behälter (1), der vorzugsweise gegenüber der Außenumgebung isoliert ist, und wenigstens einen Lagesensor (9). Das Fluid weist wenigstens eine obere Schicht (2, 21, 22) mit einem oberen Temperaturniveau (T_H , T_W), insbesondere eine im oberen Bereich des Behälters (1) angeordnete Schicht (2), wenigstens eine untere Schicht (3, 31, 32) mit einem unteren Temperaturniveau (T_U , T_K), insbesondere eine im unteren Bereich des Behälters (1) angeordnete Schicht (3), und wenigstens eine zwischen den Schichten (2, 21, 22; 3, 31, 32) angeordnete Thermokline (4, 41, 42) auf. Dem Lagesensor (9) ist wenigstens ein im Fluid im Bereich der Thermokline (4, 41, 42) beweglich angeordneter Schwebekörper (6) zugeordnet.



Zusammenfassung:

Ein Wärmespeicher zum Speichern und Abgeben von thermischer Nutzenergie umfasst einen zumindest teilweise mit einem Fluid, insbesondere mit Wasser, befüllten Behälter (1), der vorzugsweise gegenüber der Außenumgebung isoliert ist, und wenigstens einen Lagesensor (9). Das Fluid weist wenigstens eine obere Schicht (2, 21, 22) mit einem oberen Temperaturniveau (T_H , T_W), insbesondere eine im oberen Bereich des Behälters (1) angeordnete Schicht (2), wenigstens eine untere Schicht (3, 31, 32) mit einem unteren Temperaturniveau (T_W , T_K), insbesondere eine im unteren Bereich des Behälters (1) angeordnete Schicht (3), und wenigstens eine zwischen den Schichten (2, 21, 22; 3, 31, 32) angeordnete Thermokline (4, 41, 42) auf. Dem Lagesensor (9) ist wenigstens ein im Bereich der Thermokline (4, 41, 42) beweglich angeordneter Schwebekörper (6) zugeordnet.

(Fig. 3)

Die Erfindung betrifft einen Wärmespeicher zum Speichern und Abgeben thermischer Nutzenergie, umfassend einen zumindest teilweise mit einem Fluid, insbesondere mit Wasser, befüllten Behälter, der vorzugsweise gegenüber der Außenumgebung isoliert ist, und wenigstens einen Lagesensor, wobei das Fluid wenigstens eine obere Schicht mit einem oberen Temperaturniveau, insbesondere eine im oberen Bereich des Behälters angeordnete Schicht, wenigstens eine untere Schicht mit einem unteren Temperaturniveau, insbesondere eine im unteren Bereich des Behälters angeordnete Schicht, und wenigstens eine zwischen den Schichten angeordnete Thermokline aufweist.

Zudem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bestimmen der Position einer Thermokline in einem solchen Wärmespeicher.

Wärmespeicher als Pufferspeicher mit einem Fluidbehälter sind eine zentrale Technologie, um billig Wärme zu speichern. Sie erlauben einen optimierten Betrieb von Biomasse-Kesseln, ebenso wie eine erweiterte Nutzung solarthermischer Anlagen. Dabei reicht das Spektrum von kleinen Speichern mit wenigen hundert Litern bis hin zu Speichern mit einem Volumen von 200.000 m³ oder mehr. Das Vorhandensein passender Energiespeicher ist eine Grundvoraussetzung für den Einsatz vorausschauender (modellprädiktiver) Regelungsstrategien, die für die Wahl des aktuellen Betriebszustandes bereits die wahrscheinlichen Anforderungen in der näheren Zukunft berücksichtigen.

Im Betrieb weisen mit Fluid, insbesondere Wasser, befüllte Wärmespeicher wenigstens drei Fluidschichten auf. Bei guter Schichtung, wie sie im Betrieb meist angestrebt wird, sind die obere, heiße Schicht und die untere, kühle Schicht durch eine klar definierte Trenn- bzw. Zwischenschicht, die sogenannte Thermokline, getrennt. Bei einer solchen Schichtung ist eine akkurate Beschreibung des Speicherzustandes durch wenige Kenngrößen möglich, nämlich durch die Temperatur der oberen,

heißeren Schicht, die Temperatur in der unteren, kälteren Schicht und die Thermoklinenhöhe. Sind also die Temperaturen in der oberen und der unteren Schicht sowie die Position der Thermokline bekannt, kann der nutzbare Energiegehalt des Speichers auf einfache Weise berechnet werden. Die Thermoklinendicke, die das Maß der Aufweitung beschreibt, ist zwar für den Energiegehalt irrelevant, gibt aber zusätzliche Informationen über den exergetischen Zustand und über die Wärmemenge, die über einer etwaigen Grenztemperatur, wie es sie für viele Anwendungen gibt, zur Verfügung steht.

Wenn die Temperaturniveaus feststehen, dann ist die Lage der Thermokline ein direktes Maß für den nutzbaren Energiegehalt des Speichers. Messtechnisch ist es in den meisten Speichern aber schwierig, die Lage der Thermokline genau zu erfassen. Bei guter Schichtung ergibt sich im Speicher zwar ein charakteristischer Temperaturverlauf, der sich analytisch mit Hilfe der komplementären Gauß'schen Fehlerfunktion „erfc“ beschreiben lässt; in vier Temperaturwerten auf verschiedenen Höhen steckt im Prinzip die gesamte Information über Lage und Aufweitung der Thermokline. Oft sind aber die Messfehler größer als die informationstragenden Temperaturdifferenzen, was zu erheblichen Unsicherheiten führt.

In vielen Speichern sind zudem nicht einmal vier Temperatursensoren vorhanden. In der Praxis sind in einem Pufferspeicher üblicherweise nur zwei Temperatursensoren vorhanden, insbesondere ein Temperatursensor in einem oberen Bereich und ein Temperatursensor in einem unteren Bereich des Fluidbehälters. Dementsprechend ist die Bestimmung der Thermoklinenposition oft schwierig und ungenau. Die resultierenden Unsicherheiten bezüglich des Systemzustandes erschweren den Einsatz fortgeschrittener Systemregelungsstrategien.

Für eine simple Zwei-Punkt-Regelung („Starte den Kessel, wenn es beim oberen Sensor kalt wird, und schalte ihn wieder aus, wenn es beim unteren Sensor heiß wird.“) reichen zwei Temperatursensoren aus, nicht aber für moderne prädiktive Methoden, die den Energiegehalt des Speichers wesentlich umfassender in die Ein-/Ausschaltstrategie einbeziehen.

Die Installation derart vieler Temperatursensoren, um die Thermoklinenhöhe präzise erfassen zu können, ist selbst in den meisten Forschungsprojekten nicht möglich. Das liegt weniger an den Kosten für die Sensoren, sondern am Aufwand für die Installation und die nachfolgende Messdatenerfassung. In der praktischen Anwendung kommt die Nutzung vieler Temperatursensoren nur in Ausnahmefällen in Frage.

Es existieren zwar Apparate zur Messung von Wassertemperaturen auf verschiedenen Höhen, die den Installationsaufwand reduzieren, diese sind aber eher für limnologische und ozeanographische Untersuchungen ausgelegt und nicht für die Überwachung von Pufferspeichern. Das Problem der vielen zu erfassenden Messwerte, von denen jeweils nur wenige (nämlich jene nahe der Thermoklinenposition) tatsächlich interessant sind, bleibt zudem auch mit solchen Systemen bestehen.

Es existieren auch diverse Geräte, die zur Messung einer Trennschicht geeignet sind. Diese Messgeräte setzen jedoch eine Trennschicht zwischen zwei Medien mit signifikant unterschiedlichen physikalischen/chemischen Eigenschaften voraus, wie sie beispielsweise in einem Öl-Wasser-Tank vorliegt. Das Wasser in Pufferspeichern oberhalb und unterhalb der Thermoklinen-Trennschicht weist jedoch nicht diese deutlichen Unterschiede auf, weshalb diese Geräte für eine Messung der Thermoklinenposition ungeeignet sind. Spezifische Produkte, die als Thermoklinensensoren angeboten werden, sind zwar nützlich zur manuellen Untersuchung der Druck- und Temperaturverteilung

in einem Wasserreservoir oder Gewässer. Sie erscheinen aber für die automatisierte Erhebung des Ladezustandes eines Pufferspeichers und für die Einbindung in eine Regelung nicht geeignet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine einfache, kostengünstige und genaue Lösung zur automatisierten Bestimmung des Ladezustandes von Wärmespeichern, insbesondere von Schichtwasserspeichern, zur Verfügung zu stellen, mit welcher bestehende Speicher nachgerüstet und neue Speicher kosteneffizienter hergestellt werden können.

Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Wärmespeicher, welcher die Merkmale des Anspruches 1 aufweist.

Zudem wird diese Aufgabe mit einem Verfahren gelöst, welches die Merkmale des Anspruches 15 aufweist.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass dem Lagesensor wenigstens ein im Bereich der Thermokline beweglich angeordneter Schwebekörper zugeordnet ist. Erfindungsgemäß ist zudem vorgesehen, dass wenigstens ein Schwebekörper beweglich im Bereich der Thermokline angeordnet wird und dass die Lage des Schwebekörpers mit dem Lagesensor erfasst wird.

Somit wird die Position der Thermokline nicht anhand von Messungen einer Mehrzahl von Einzel-Temperaturwerten bestimmt, sondern über einen Schwebekörper, der sich im Fluidbehälter im Bereich der Thermokline befindet. Eine Positionsmessung des Schwebekörpers, für die verschiedene physikalische Methoden in Frage kommen, erlaubt präzise Aussagen über den Energiegehalt des Wärmespeichers. Anstatt die Thermoklinenposition in einer fehleranfälligen Berechnung aus verschiedenen, aufwendig zu messenden Einzel-Temperaturwerten zu ermitteln, wird die Thermoklinenposition direkt gemessen.

Erfindungsgemäß wird zudem erreicht, dass bereits bestehende Wärmespeicher einfach nachgerüstet werden können. Für neue Wärmespeicher kann die erfindungsgemäße Bestimmung der Position der Thermokline bei gleichzeitig wesentlich akkurateren Aussagen zum Ladezustand des Wärmespeichers erhebliche Einsparungen bringen, da weniger Temperatursensoren sowie Messdatenerfassung und -auswertung notwendig sind. Insbesondere für größere Wärmespeicher, wie Lastausgleichsspeicher, ist eine präzise Detektion der Thermoklinenposition von großem Nutzen, vor allem für zukünftige modellprädiktive Regelungsstrategien.

Im Rahmen der Erfindung ist vorgesehen, dass der Behälter mit einem Fluid nur ein einziges Fluid aufweist und nicht eine Mischung aus unterschiedlichen Fluiden.

Im Rahmen der Erfindung kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass dem Lagesensor zwei oder mehr als zwei Schwebekörper zugeordnet sind. Somit können grundsätzlich mehr Daten über die Thermoklinenhöhe und -dicke ermittelt werden. Falls mehr als eine Thermokline im Behälter vorliegt, können zudem die Positionen aller Thermoklinen erfasst werden.

Besonders bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung basieren auf der Temperaturabhängigkeit der Dichte von Wasser, wodurch die Schichtung überhaupt erst auftritt. Wenn wenigstens ein Schwebekörper eine höhere Dichte als die obere Schicht und eine geringere Dichte als die untere Schicht aufweist, insbesondere die gleiche Dichte wie das Wasser bei einer charakteristischen Zwischentemperatur (z.B. 50°C), schwebt er genau auf der Höhe der Thermokline. Dabei ist der Schwebekörper in der Thermokline angeordnet, wobei die Position des Schwebekörpers und somit die Thermoklinenhöhe einfach und genau ermittelt werden können. Da die Dichte von Wasser zwischen 50 und 70°C um mehr als 1 % abnimmt, sind die Präzisionsanforderungen für die Fertigung des Schwebekörpers erfüllbar.

Zusätzlich dazu kann vorgesehen sein, dass wenigstens ein Schwebekörper an einer Grenze der Thermokline zur unteren und/oder oberen Schicht angeordnet ist, insbesondere dass wenigstens ein Schwebekörper eine nur minimal höhere Dichte als die obere Schicht und/oder wenigstens ein Schwebekörper eine nur minimal geringere Dichte als die untere Schicht aufweist. Somit können grundsätzlich Daten über die Thermoklinendicke ermittelt werden.

Vorteilhafterweise weist der Wärmespeicher wenigstens einen Temperatursensor auf, insbesondere wenigstens zwei Temperatursensoren, wobei vorzugsweise wenigstens ein Temperatursensor in einem oberen Bereich des Behälters, insbesondere in der oben im Behälter angeordneten Schicht, und wenigstens ein Temperatursensor in einem unteren Bereich des Behälters, insbesondere in der unten im Behälter angeordneten Schicht, angeordnet ist. Somit können neben der Thermoklinenhöhe alle weiteren wesentlichen Werte für die Ermittlung des Ladezustandes des Wärmespeichers gemessen werden, wobei auch bestehende Pufferspeicher einfach nachgerüstet werden können.

Da die Sonderanfertigungen von Schwebekörpern mit einer so genau definierten Dichte produktionstechnisch üblicherweise nicht angeboten werden und sich die exakt benötigte Dichte unter Umständen je nach Wassergegebenheiten leicht unterscheiden kann, kann es notwendig sein, dass der Schwebekörper gegebenenfalls modifiziert werden muss. Dafür kommen grundsätzlich zwei Möglichkeiten in Frage. An den Schwebekörper können Gewichte angehängt werden, was zwar keine permanente Lösung ist, jedoch eine einfache Dichteregulation ermöglicht. Eine zweite Lösung ist, dass der Schwebekörper einen Hohlraum aufweist, in welchen Materialien eingefüllt und aus welchem Material entnommen werden kann. Die Anforderungen an diese Materialien sind, dass sie sich gut zum Einfüllen und Entnehmen eignen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist daher vorgesehen, dass die Masse wenigstens eines Schwebkörpers, vorzugsweise bei im Wesentlichen konstantem Volumen, veränderbar ist, insbesondere indem an den Schwebkörper wenigstens ein Zusatzgewicht anbringbar ist und/oder indem ein Material, insbesondere Paraffin, Glycerin oder Sand, in den Schwebkörper füllbar bzw. daraus entnehmbar ist.

Vorteilhafterweise ist der Schwebkörper aus einem Material gefertigt, das einen geringen Ausdehnungskoeffizienten hat. Materialien mit einem großen Ausdehnungskoeffizienten, zum Beispiel Kunststoffe (in der Größenordnung von $10^{-4}K^{-1}$), haben eine deutliche Dichteverminderung, wenn sie in heißes Wasser eingebracht werden. Daher sind Kunststoffe für die Fertigung des Schwebkörpers nur schlecht oder gar nicht geeignet. Metalle sind besser geeignet, wobei darauf geachtet werden muss, dass es im Wasser zu Korrosion kommt, weshalb korrosionsbeständige Metalle verwendet oder eine korrosionsbeständige Schutzschicht auf das Metall aufgebracht werden sollten. Den geringsten Ausdehnungskoeffizienten hat Glas, welches allerdings für einige Positions-Mess-Methoden nicht geeignet ist.

Im Rahmen der Erfindung ist es bevorzugt, wenn der Schwebkörper aus einem Material besteht, das korrosionsbeständig ist und/oder einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, wobei das Material - je nach Anforderungen an die Positionsmessung - vorzugsweise ein Glas oder ein Metall, insbesondere Stahl, vorzugsweise Edelstahl, ist.

Bei zunehmender Wassertemperatur können sich Bläschen im Wasser bilden. Auf der Thermoklinenhöhe kann der Temperaturgradient derart groß sein, dass vermehrt Luftblasen ausperlen, die sich am Schwebkörper festsetzen, wodurch dieser einen nachteiligen Auftrieb erfahren kann. Bei größeren und somit schwereren Schwebkörpern sollte dieser Effekt keine bedeutenden

Auswirkungen haben. Es kann jedoch im Rahmen der Erfindung vorgesehen sein, dass die Oberfläche des Schwebekörpers zumindest teilweise mit einer hydrophoben Beschichtung, beispielsweise einer Nanobeschichtung, versehen ist, um die Ablagerung der Bläschen am Schwebekörper zu vermeiden. Ebenso kann vorgesehen sein, das Wasser vorab mit geeigneten Mitteln, beispielsweise thermisch oder mit Ultraschall, zu entgasen oder die Eigenschaften des Wassers durch Zugabe von Substanzen, die die Oberflächenspannung herabsetzen, zu modifizieren.

Neben der Auswahl von geeigneten Materialien ist es erforderlich, festzustellen, welche Form des Schwebekörpers am sinnvollsten ist. Bevorzugt sind Formen mit möglichst geringer Oberfläche. Im Rahmen der Erfindung kann daher vorgesehen sein, dass der Schwebekörper im Wesentlichen die Form einer Kugel, eines Ellipsoides oder eines Zylinders aufweist.

Um die Detektion des Schwebekörpers zu vereinfachen, ist es von Vorteil, die Freiheitsgrade des Schwebekörpers auf eine Dimension zu beschränken. Bei guter Schichtung ergibt sich dadurch kein Informationsverlust, da die Wassertemperatur nur vertikal unterschiedlich ist. Im Rahmen der Erfindung ist es daher bevorzugt, wenn wenigstens ein Schwebekörper an wenigstens einer Führung geführt ist, wobei die Führung vorzugsweise nur eine im Wesentlichen vertikale Auf- und Abwärtsbewegung des Schwebekörpers zulässt.

Die Führung kann wenigstens einen Führungsstab aufweisen, der durch den Schwebekörper geführt ist, oder die Führung kann wenigstens zwei, insbesondere drei, Führungsstäbe aufweisen, die eine im Wesentlichen horizontale Seitwärtsbewegung des Schwebekörpers begrenzen und diese idealerweise nahezu völlig verhindern. Im letzteren Fall bildet die Führung einen „Käfig“ für den Schwebekörper.

Im Rahmen der Erfindung ist es bevorzugt, wenn die Oberfläche der Führung wenigstens teilweise aus einem Material besteht, das korrosionsbeständig ist und/oder einen niedrigen Wärmeleitkoeffizienten aufweist, wobei das Material vorzugsweise ein Kunststoff, insbesondere Polyvinylidenfluorid, ist.

Die Anforderungen an das Material der Führung können auch dadurch beeinflusst werden, dass die Führung im Rahmen der Erfindung auch ein Teil des Lagesensors sein kann.

Um den Schwebekörper zu detektieren und so die Höhe der Thermokline zu messen, sind verschiedene Wege möglich, die alternativ oder zusätzlich zueinander verwendet werden können.

Im Rahmen der Erfindung kann die Lage des Schwebekörpers durch den Lagesensor optisch, insbesondere durch Lasertriangulation, erfasst werden. In diesem Fall umfasst der Lagesensor einen Laser. Die Messung der Position des Schwebekörpers und somit der Thermoklinienposition wird hierbei auf eine Winkelmessung zurückgeführt. Ein Laserstrahl trifft unter einem spitzen Winkel auf den Schwebekörper und wird von diesem reflektiert. In Abhängigkeit der vertikalen Position des Schwebekörpers ändert sich auch der Winkel des reflektierten Strahls. Diese Methode ist zwar günstig, allerdings nur für klare Fluide geeignet.

Eine weitere Möglichkeit der optischen Messung ist die Messung der Phasenverschiebung zwischen der ausgesendeten und der reflektierten Welle. Bei einer Entfernung von einer halben Wellenlänge würden die beiden Wellen eine Phasenverschiebung von 180° zueinander aufweisen. Für eine Entfernungsbestimmung kann diese daher als Messgröße verwendet werden, sofern die Distanz zumindest auf eine halbe Wellenlänge genau bekannt ist. Die Genauigkeit und die minimal messbare Entfernung sind durch die Genauigkeit der Phasenwinkelmessung begrenzt. Die Messung kurzer Distanzen erfordert den Einsatz kürzerer Wellenlängen.

Auch die benötigte Laufzeit des Lichts kann als Messgröße herangezogen werden. Bei bekannter Lichtgeschwindigkeit im Fluid kann die Thermoklinenhöhe berechnet werden.

Damit eine optische Detektion möglich ist, muss der Schwebekörper ein gutes Reflexionsverhalten und zumindest eine gerade Oberfläche aufweisen. Vorzugsweise weist der Schwebekörper wenigstens einen Reflektor auf.

Im Rahmen der Erfindung kann die Lage des Schwebekörpers durch den Lagesensor akustisch, insbesondere durch eine Ultraschall-Distanzmessung, erfasst werden. In diesem Fall umfasst der Lagesensor einen Ultraschallerzeuger. Die Messung mit Ultraschall basiert auf einer Laufzeitmessung. Die vom Sensor ausgesandten Ultraschallimpulse werden vom Schwebekörper reflektiert und wieder erfasst. Die benötigte Laufzeit ist ein Maß für den zurückgelegten Weg. Somit kann bei bekannter Schallgeschwindigkeit die Höhe der Thermokline berechnet werden. Auch bei mehreren Schwebekörpern unterschiedlicher Dichte mit jeweils im Wesentlichen bekannter horizontaler Position ist die Rückrechnung möglich.

Bei der Detektion mittels Ultraschall werden keine besonderen Anforderungen an die Materialeigenschaften oder die Bauform des Schwebekörpers gestellt, da Schallwellen von jedem Festkörper reflektiert werden.

Im Rahmen der Erfindung kann der Schwebekörper wenigstens einen Magneten aufweisen, wobei die Lage des Schwebekörpers durch den Lagesensor elektronisch erfasst wird, insbesondere indem der Lagesensor, vorzugsweise die Führung, eine Reedkontakt-Widerstands-Kette aufweist und/oder ein magnetostriktiver Wegaufnehmer ist.

Beim Einsatz einer Reedkontakt-Widerstands-Kette, die Teil des Lagesensors ist, wird der Schwebekörper an einem vertikalen,

vorzugsweise schlecht wärmeleitenden Gleitrohr, welches durch die Führung gebildet sein kann, geführt. Ein am Schwebekörper befestigter Dauermagnet schaltet die Kontakte einer Reedkontakt-Widerstands-Kette im Inneren des Gleitrohres. Diese ist als Spannungsteiler geschaltet und liefert einen der Position des Schwebekörpers und damit der Thermoklinenhöhe entsprechenden Spannungswert.

Eine magnetostruktive Positionsbestimmung nutzt den Effekt, dass magnetostruktive Materialien unter Einwirkung eines äußeren Magnetfeldes ihre Länge ändern. Dazu wird in einem vertikalen Sondenrohr, welches durch die Führung gebildet sein kann, ein magnetostruktiver Draht, der Teil des Lagesensors ist, gespannt. Zur Bestimmung der Position des Schwebekörpers wird ein Stromimpuls durch den magnetostruktiven Draht gesendet, wodurch sich ein Magnetfeld bildet. Dieses tritt mit einem im Schwebekörper untergebrachten Dauermagneten in Wechselwirkung und führt zu einer Torsionskraft. Aus der Zeitdifferenz zwischen dem Start des Stromimpulses und dem Auftreten der Torsionskraft kann die Position des Schwebekörpers und somit die Thermoklinenhöhe erfasst werden. Auch magnetostruktive Reflexionsmethoden sind möglich.

Im Rahmen der Erfindung ist die magnetostruktive Bestimmung bevorzugt, da die Messung durch optische und akustische Methoden durch Störsignale beeinflusst werden kann und da im Gegensatz zur Reedkontakt-Widerstands-Kette mehrere Schwebekörper an einer Führung angeordnet und erfasst werden können. Zudem ist eine räumlich kontinuierliche Messung möglich, während Reedkontakt-Widerstands-Ketten nur diskrete Positionsinformationen liefern.

Beim Einsatz einer Reedkontakt-Widerstands-Kette bzw. einer magnetostruktiven Positionsbestimmung benötigt der Schwebekörper einen Permanentmagneten und vorzugsweise ein Loch, welches für den Einsatz auf einem Gleitrohr geeignet ist.

Im Rahmen der Erfindung kann die Position des Schwebekörpers auch durch einen Seilzugsensor bestimmt werden.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen gemäß den Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt: Fig. 1 bis 3 jeweils eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wärmespeichers mit zugeordnetem, schematischen Verlauf der Wassertemperatur in Abhängigkeit von der Höhe und mit einem geführten Schwebekörper in einer Schnittdarstellung.

In den Figuren 1 bis 3 ist jeweils ein Wärmespeicher zum Speichern und Abgeben von Nutzenergie mit einem mit Wasser befüllten Behälter 1 gezeigt. Das Wasser liegt in unterschiedlichen Schichten mit jeweiligen Temperaturen vor.

Gemäß den Fig. 1 und 2 weist das Wasser eine im oberen Bereich des Behälters 1 angeordnete obere Schicht 2 mit einem höheren Temperaturniveau T_H auf, eine im unteren Bereich des Behälters 1 angeordnete untere Schicht 3 mit einem unteren Temperaturniveau T_K und eine zwischen diesen Schichten 2,3 angeordnete Thermokline 4 auf. Die Temperatur T_H in der unteren Schicht 3 und die Temperatur T_K in der oberen Schicht 2 können jeweils über einen Temperatursensor 5 ermittelt werden. Zum Ermitteln des Ladezustandes des Wärmespeichers muss nun noch die Position der Thermokline 4 bestimmt werden, was erfindungsgemäß über wenigstens einen Schwebekörper 6 erfolgt.

Gemäß Fig. 1 ist im Behälter 1 eine aus drei Führungsstäben 7 gebildete Führung 8 für einen einzigen Schwebekörper 6 vorgesehen, wobei der Schwebekörper 6 zwischen den Führungsstäben 7 angeordnet ist. Die Führungsstäbe 7 bilden einen „Käfig“ für den Schwebekörper 6 und sind derart angeordnet, dass sie eine vertikale Auf- und Abwärtsbewegung eines zylindrischen Schwebekörpers 6 zulassen, aber keine horizontale Seitwärtsbewegung. Die Position des Schwebekörpers 6

wird in dieser Ausführungsform über einen Lagesensor 9 erfasst, welcher einen Seilzug und einen Seilzugwegaufnehmer aufweist.

Gemäß Fig. 2 sind im Behälter 1 drei aus jeweils einem Führungsstab 7 gebildete Führungen 8 vorgesehen, wobei jeder Führungsstab 7 eine Führung 8 für je einen Schwebekörper 6 bildet. Hierzu weisen die Schwebekörper 6 ein Durchgangsloch 10 auf, durch welches der Führungsstab 7 geht. Die Führungsstäbe 7 können Gleitrohre sein. Die Position des Schwebekörpers 6 kann in dieser Ausführungsform über einen am Boden 11 des Behälters angeordneten Lagesensor 9, der Ultraschallimpulse aussendet, erfasst werden. Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Position des Schwebekörpers 6 über einen im Inneren der Führungsstäbe 7 angeordneten Lagesensor 9 mit einer Reedkontakt-Widerstands-Kette erfasst werden. Es können mehr oder weniger Führungsstäbe 7 vorgesehen sein.

Gemäß Fig. 3 weist das Wasser eine erste, obere Schicht 21 mit einem oberen Temperaturniveau T_H , eine erste, untere Schicht 31 mit einem in Bezug zur ersten, oberen Schicht 21 unteren Temperaturniveau T_W und eine dazwischen angeordnete, erste Thermokline 41 auf. Weiters weist das Wasser eine zweite Thermokline 42 auf. Die in Bezug zur zweiten Thermokline 42 obere Schicht 22 ist die in Bezug zur ersten Thermokline 41 untere Schicht 31 mit dem Temperaturniveau T_W . Unterhalb der zweiten Thermokline 42 befindet sich eine zweite, untere Schicht 32 mit einem unteren Temperaturniveau T_K .

Im Behälter 1 ist eine aus einem Führungsstab 7 gebildete Führung 8 vorgesehen, wobei der Führungsstab 7 eine Führung für zwei Schwebekörper bildet. Es können auch zwei oder mehr als zwei Führungsstäbe 7 vorgesehen sein, wobei pro Führungsstab auch mehr als zwei Schwebekörper 6 angeordnet sein können. Die Position des Schwebekörpers 6 kann in dieser Ausführungsform magnetostriktiv erfasst werden. Die Führungsstäbe können hierzu

Sondenrohre sein, in deren Inneren ein magnetostriktiver Draht angeordnet ist, durch welchen ein Stromimpuls gesendet wird.

Zum Bestimmen der mittleren Wassertemperatur im Behälter 1 kann ein Widerstandsdraht 12 vorgesehen sein. Dieser weist einen im relevanten Temperaturbereich linear von der Temperatur abhängigen spezifischen Widerstand auf und dient insbesondere zur Ermittlung der Temperatur T_w .

In Betrieb ist der Behälter 1 meist vollständig mit Wasser befüllt und steht unter Druck.

Patentansprüche:

1. Wärmespeicher zum Speichern und Abgeben thermischer Nutzenergie, umfassend einen zumindest teilweise mit einem Fluid, insbesondere mit Wasser, befüllten Behälter (1), der vorzugsweise gegenüber der Außenumgebung isoliert ist, und wenigstens einen Lagesensor (9), wobei das Fluid wenigstens eine obere Schicht (2, 21, 22) mit einem oberen Temperaturniveau (T_H , T_W), insbesondere eine im oberen Bereich des Behälters (1) angeordnete Schicht (2), wenigstens eine untere Schicht (3, 31, 32) mit einem unteren Temperaturniveau (T_W , T_K), insbesondere eine im unteren Bereich des Behälters (1) angeordnete Schicht (3), und wenigstens eine zwischen den Schichten (2, 21, 22; 3, 31, 32) angeordnete Thermokline (4, 41, 42) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass dem Lagesensor (9) wenigstens ein im Bereich der Thermokline (4, 41, 42) beweglich angeordneter Schwebekörper (6) zugeordnet ist.
2. Wärmespeicher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Lagesensor (9) zwei oder mehr als zwei Schwebekörper (6) zugeordnet sind.
3. Wärmespeicher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Schwebekörper (6) in der Thermokline (4, 41, 42) angeordnet ist, insbesondere dass wenigstens ein Schwebekörper (6) eine höhere Dichte als die obere Schicht (2, 21, 22) und eine geringere Dichte als die untere (3, 31, 32) Schicht aufweist, vorzugsweise dass wenigstens ein Schwebekörper (6) die zumindest im Wesentlichen gleiche mittlere Dichte wie die Thermokline (4, 41, 42) aufweist.
4. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Schwebekörper (6) an

einer Grenze der Thermokline (4, 41, 42) zur unteren und/oder oberen Schicht (2, 21, 22; 3, 31, 32) angeordnet ist, insbesondere dass wenigstens ein Schwebekörper (6) eine nur minimal höhere Dichte als die obere Schicht (2, 21, 22) und/oder wenigstens ein Schwebekörper (6) eine nur minimal geringere Dichte als die untere Schicht (3, 31, 32) aufweist.

5. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass er wenigstens einen Temperatursensor (5, 12) aufweist, insbesondere wenigstens zwei Temperatursensoren (5, 12), wobei vorzugsweise wenigstens ein Temperatursensor (5) in einem oberen Bereich des Behälters (1), insbesondere in der oben im Behälter (1) angeordneten Schicht (2), und wenigstens ein Temperatursensor (5) in einem unteren Bereich des Behälters (1), insbesondere in der unten im Behälter (1) angeordneten Schicht (3), angeordnet ist.
6. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Masse wenigstens eines Schwebkörpers (6), vorzugsweise bei im Wesentlichen konstantem Volumen, veränderbar ist, insbesondere indem an den Schwebkörper (6) wenigstens ein Zusatzgewicht anbringbar ist und/oder indem ein Material, insbesondere Paraffin, Glycerin oder Sand, in den Schwebekörper füllbar bzw. daraus entnehmbar ist.
7. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Schwebekörper (6) an wenigstens einer Führung (8) geführt ist, wobei die Führung (8) vorzugsweise nur eine im Wesentlichen vertikale Auf- und Abwärtsbewegung des Schwebkörpers zulässt.
8. Wärmespeicher nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass

die Führung (8) ein Teil des Lagesensors ist.

9. Wärmespeicher nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Führung (8) wenigstens einen Führungsstab (7) aufweist, der durch den Schwebekörper (6) geführt ist, oder dass die Führung wenigstens zwei Führungsstäbe (8) aufweist, die eine im Wesentlichen horizontale Seitwärtsbewegung des Schwebekörpers (6) begrenzen.
10. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche der Führung (8) wenigstens teilweise aus einem Material besteht, das korrosionsbeständig ist und/oder einen niedrigen Wärmeleitkoeffizienten aufweist, wobei das Material vorzugsweise ein Kunststoff, insbesondere Polyvinylidenfluorid, ist.
11. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwebekörper (6) im Wesentlichen die Form einer Kugel, eines Ellipsoides oder eines Zylinders aufweist.
12. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwebekörper (6) im Wesentlichen aus einem Material besteht, das korrosionsbeständig ist und/oder einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, wobei das Material vorzugsweise ein Glas oder ein Metall, insbesondere Stahl, bevorzugt Edelstahl, ist.
13. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage des Schwebekörpers (6) durch den Lagesensor (9) optisch, insbesondere durch Lasertriangulation, und/oder akustisch, insbesondere durch eine Ultraschall-Distanzmessung, erfassbar ist.

14. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwebekörper (6) wenigstens einen Magneten aufweist und dass die Lage des Schwebekörpers (6) durch den Lagesensor (9) elektronisch erfassbar ist, insbesondere indem der Lagesensor (9), vorzugsweise die Führung (8), eine Reedkontakt-Widerstands-Kette und/oder einen magnetostriktiven Draht aufweist.
15. Verfahren zum Bestimmen der Position einer Thermokline (4, 41, 42) in einem Wärmespeicher, wobei der Wärmespeicher einen zumindest teilweise mit einem Fluid, insbesondere mit Wasser, befüllten Behälter (1), der vorzugsweise gegenüber der Außenumgebung isoliert ist, und wenigstens einen Lagesensor (9) aufweist, wobei das Fluid wenigstens eine obere Schicht (2, 21, 22) mit einem oberen Temperaturniveau (T_H , T_W), insbesondere eine im oberen Bereich des Behälters (1) angeordnete Schicht (2), wenigstens eine untere Schicht (3, 31, 32) mit einem unteren Temperaturniveau (T_W , T_K), insbesondere eine im unteren Bereich des Behälters (1) angeordnete Schicht (3), und wenigstens eine zwischen den Schichten (2, 21, 22; 3, 31, 32) angeordnete Thermokline (4, 41, 42) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Schwebekörper (6) beweglich im Bereich der Thermokline (4, 41, 42) angeordnet wird und dass die Lage des Schwebekörpers (6) mit dem Lagesensor (9) erfasst wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 14 verwendet wird.

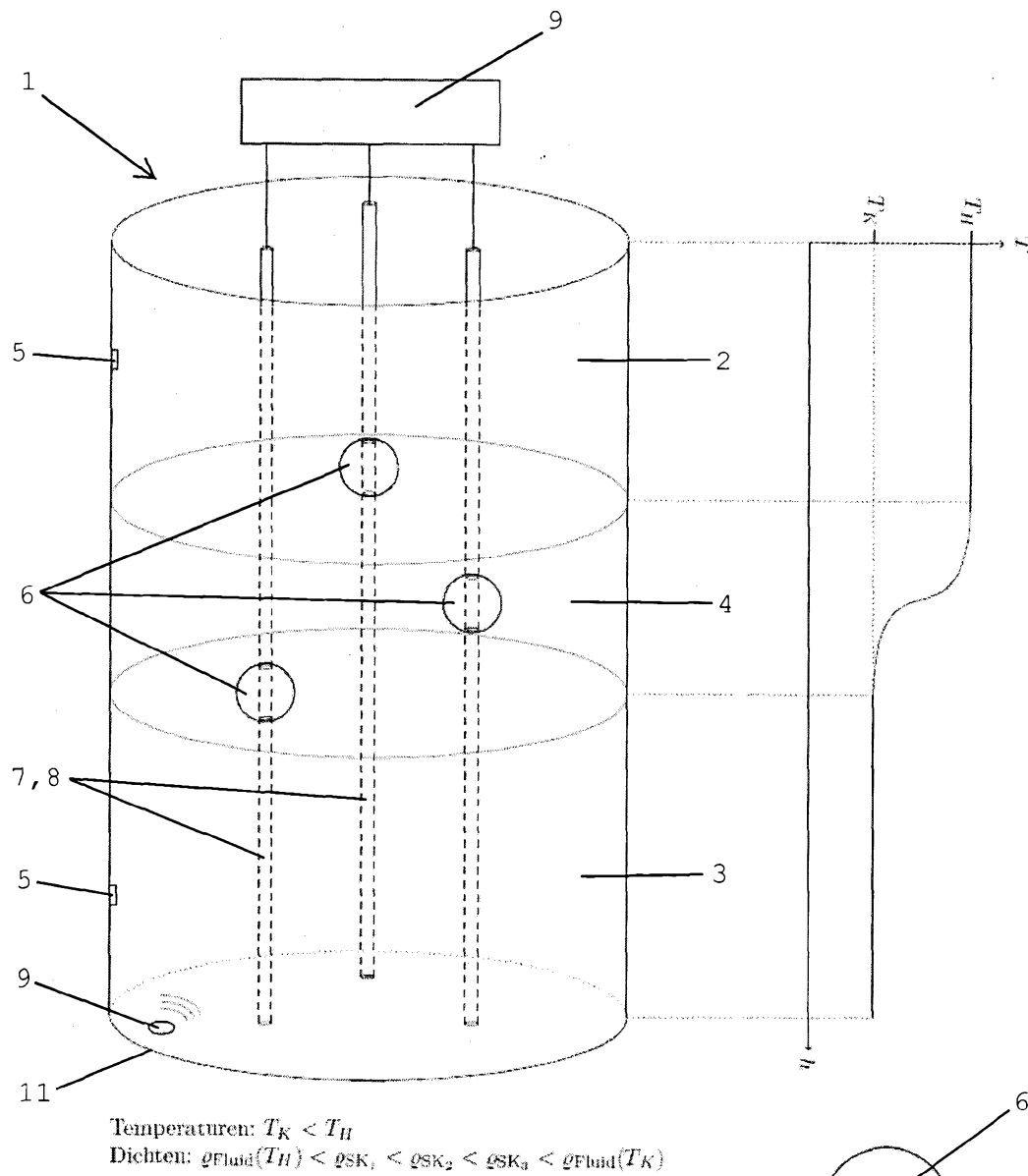
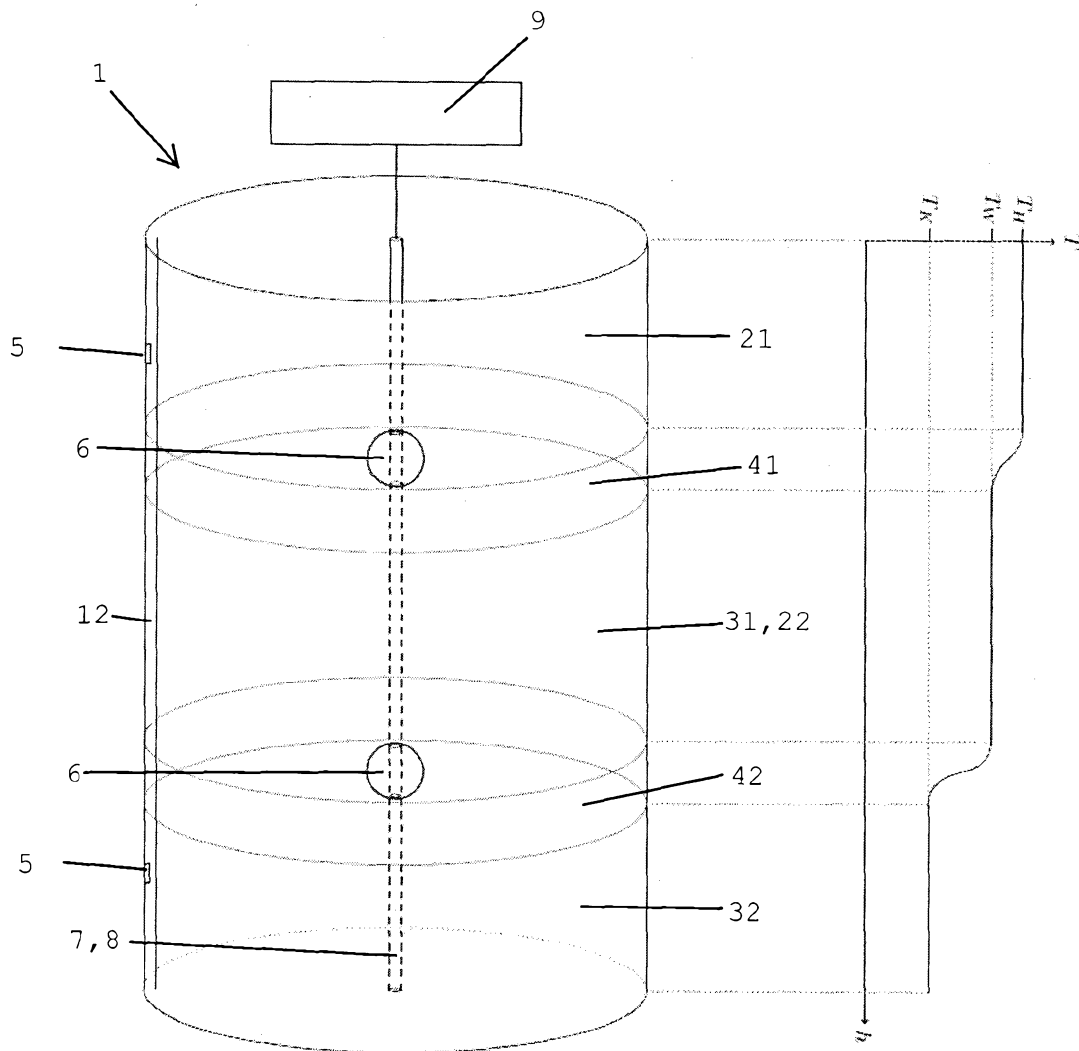


Fig. 2



Temperaturen: $T_K < T_W < T_H$
 Dichten: $\rho_{\text{fluid}}(T_H) < \rho_{\text{OSK}} < \rho_{\text{fluid}}(T_W) < \rho_{\text{USK}} < \rho_{\text{fluid}}(T_K)$

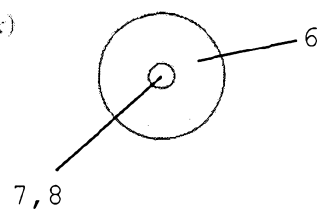
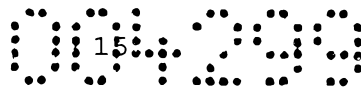


Fig. 3

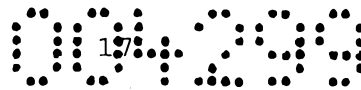


Patentansprüche:

1. Wärmespeicher zum Speichern und Abgeben thermischer Nutzenergie, umfassend einen zumindest teilweise mit einem Fluid, insbesondere mit Wasser, befüllten Behälter (1), der vorzugsweise gegenüber der Außenumgebung isoliert ist, und wenigstens einen Lagesensor (9), wobei das Fluid wenigstens eine obere Schicht (2, 21, 22) mit einem oberen Temperaturniveau (T_H , T_w), insbesondere eine im oberen Bereich des Behälters (1) angeordnete Schicht (2), wenigstens eine untere Schicht (3, 31, 32) mit einem unteren Temperaturniveau (T_w , T_K), insbesondere eine im unteren Bereich des Behälters (1) angeordnete Schicht (3), und wenigstens eine zwischen den Schichten (2, 21, 22; 3, 31, 32) angeordnete Thermokline (4, 41, 42) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass dem Lagesensor (9) wenigstens ein im Fluid im Bereich der Thermokline (4, 41, 42) beweglich angeordneter Schwebekörper (6) zugeordnet ist.
2. Wärmespeicher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Lagesensor (9) zwei oder mehr als zwei Schwebekörper (6) zugeordnet sind.
3. Wärmespeicher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Schwebekörper (6) in der Thermokline (4, 41, 42) angeordnet ist, insbesondere dass wenigstens ein Schwebekörper (6) eine höhere Dichte als die obere Schicht (2, 21, 22) und eine geringere Dichte als die untere (3, 31, 32) Schicht aufweist, vorzugsweise dass wenigstens ein Schwebekörper (6) die zumindest im Wesentlichen gleiche mittlere Dichte wie die Thermokline (4, 41, 42) aufweist.
4. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Schwebekörper (6) an

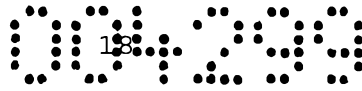
einer Grenze der Thermokline (4, 41, 42) zur unteren und/oder oberen Schicht (2, 21, 22; 3, 31, 32) angeordnet ist, insbesondere dass wenigstens ein Schwebekörper (6) eine nur minimal höhere Dichte als die obere Schicht (2, 21, 22) und/oder wenigstens ein Schwebekörper (6) eine nur minimal geringere Dichte als die untere Schicht (3, 31, 32) aufweist.

5. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass er wenigstens einen Temperatursensor (5, 12) aufweist, insbesondere wenigstens zwei Temperatursensoren (5, 12), wobei vorzugsweise wenigstens ein Temperatursensor (5) in einem oberen Bereich des Behälters (1), insbesondere in der oben im Behälter (1) angeordneten Schicht (2), und wenigstens ein Temperatursensor (5) in einem unteren Bereich des Behälters (1), insbesondere in der unten im Behälter (1) angeordneten Schicht (3), angeordnet ist.
6. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Masse wenigstens eines Schwebkörpers (6), vorzugsweise bei im Wesentlichen konstantem Volumen, veränderbar ist, insbesondere indem an den Schwebkörper (6) wenigstens ein Zusatzgewicht anbringbar ist und/oder indem ein Material, insbesondere Paraffin, Glycerin oder Sand, in den Schwebekörper füllbar bzw. daraus entnehmbar ist.
7. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Schwebekörper (6) an wenigstens einer Führung (8) geführt ist, wobei die Führung (8) vorzugsweise nur eine im Wesentlichen vertikale Auf- und Abwärtsbewegung des Schwebkörpers zulässt.
8. Wärmespeicher nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass



die Führung (8) ein Teil des Lagesensors ist.

9. Wärmespeicher nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Führung (8) wenigstens einen Führungsstab (7) aufweist, der durch den Schwebekörper (6) geführt ist, oder dass die Führung wenigstens zwei Führungsstäbe (8) aufweist, die eine im Wesentlichen horizontale Seitwärtsbewegung des Schwebekörpers (6) begrenzen.
10. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche der Führung (8) wenigstens teilweise aus einem Material besteht, das korrosionsbeständig ist und/oder einen niedrigen Wärmeleitkoeffizienten aufweist, wobei das Material vorzugsweise ein Kunststoff, insbesondere Polyvinylidenfluorid, ist.
11. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwebekörper (6) im Wesentlichen die Form einer Kugel, eines Ellipsoides oder eines Zylinders aufweist.
12. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwebekörper (6) im Wesentlichen aus einem Material besteht, das korrosionsbeständig ist und/oder einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, wobei das Material vorzugsweise ein Glas oder ein Metall, insbesondere Stahl, bevorzugt Edelstahl, ist.
13. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage des Schwebekörpers (6) durch den Lagesensor (9) optisch, insbesondere durch Lasertriangulation, und/oder akustisch, insbesondere durch eine Ultraschall-Distanzmessung, erfassbar ist.



14. Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwebekörper (6) wenigstens einen Magneten aufweist und dass die Lage des Schwebekörpers (6) durch den Lagesensor (9) elektronisch erfassbar ist, insbesondere indem der Lagesensor (9), vorzugsweise die Führung (8), eine Reedkontakt-Widerstands-Kette und/oder einen magnetostriktiven Draht aufweist.
15. Verfahren zum Bestimmen der Position einer Thermokline (4, 41, 42) in einem Wärmespeicher, wobei der Wärmespeicher einen zumindest teilweise mit einem Fluid, insbesondere mit Wasser, befüllten Behälter (1), der vorzugsweise gegenüber der Außenumgebung isoliert ist, und wenigstens einen Lagesensor (9) aufweist, wobei das Fluid wenigstens eine obere Schicht (2, 21, 22) mit einem oberen Temperaturniveau (T_H , T_W), insbesondere eine im oberen Bereich des Behälters (1) angeordnete Schicht (2), wenigstens eine untere Schicht (3, 31, 32) mit einem unteren Temperaturniveau (T_W , T_K), insbesondere eine im unteren Bereich des Behälters (1) angeordnete Schicht (3), und wenigstens eine zwischen den Schichten (2, 21, 22; 3, 31, 32) angeordnete Thermokline (4, 41, 42) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Schwebekörper (6) beweglich im Fluid im Bereich der Thermokline (4, 41, 42) angeordnet wird und dass die Lage des Schwebekörpers (6) mit dem Lagesensor (9) erfasst wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wärmespeicher nach einem der Ansprüche 1 bis 14 verwendet wird.