

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 175/2022
(22) Anmeldetag: 08.09.2022
(43) Veröffentlicht am: 15.03.2024

(51) Int. Cl.: **F24F 5/00** (2006.01)
F24D 11/02 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
JP 2013190202 A
EP 3683508 A1

(71) Patentanmelder:
Maßwohl Josef Dipl.-Ing. Dr. techn.
8350 Fehring (AT)

(72) Erfinder:
Maßwohl Josef Dipl.-Ing. Dr.techn.
8350 Fehring (AT)

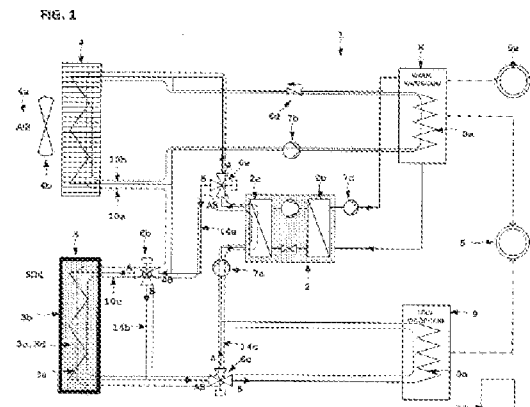
(54) **Kombinierte Heiz- und Kühlanlage mit Sole-Wasser-Wärmepumpe und zwei Umweltwärmequellen**

(57) Die Erfindung betrifft eine kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) auf der Basis einer Sole-Wasser-Wärmepumpe (2), welche Umgebungswärme sowohl aus der Umgebungsluft (4a) als auch aus einem erdvergrabenen Speicher (3) bezieht.

Der erdvergrabene Speicher (3) erlaubt im Heizbetrieb (12) auch bei sehr niedrigen Lufttemperaturen einen effizienten Betrieb der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2). Im Kühlbetrieb (13) dient er als Kältespeicher, der bei der Verfügbarkeit von kostengünstigem Strom, insbesondere aus Photovoltaikanlagen, aufgebaut wird und später ohne Aktivierung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) Kälte an einen Verbraucher (5) abgibt.

Der erdvergrabene Speicher (3) wird in beiden Betriebsarten zumindest zeitweise als Latentwärmespeicher betrieben, wobei sich das Phasenwechselmaterial Wasser (3c) bevorzugt im Porenzwischenraum einer Festkörpermatrix (3d) befindet.

Des Weiteren wird der erdvergrabene Speicher (3) nicht als Saisonspeicher, sondern so klein wie möglich ausgeführt. Während der Heizsaison wird er fortwährend regeneriert, indem Wärme aus der Umgebungsluft (4a) ohne Aktivierung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) in den Speicher (3) verschoben wird.



ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft eine kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) auf der Basis einer Sole-Wasser-Wärmepumpe (2), welche Umgebungswärme sowohl aus der Umgebungsluft (4a) als auch aus einem erdvergrabenen Speicher (3) bezieht.

Der erdvergrabene Speicher (3) erlaubt im Heizbetrieb (12) auch bei sehr niedrigen Lufttemperaturen einen effizienten Betrieb der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2). Im Kühlbetrieb (13) dient er als Kältespeicher, der bei der Verfügbarkeit von kostengünstigem Strom, insbesondere aus Photovoltaikanlagen, aufgebaut wird und später ohne Aktivierung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) Kälte an einen Verbraucher (5) abgibt.

Der erdvergrabene Speicher (3) wird in beiden Betriebsarten zumindest zeitweise als Latentwärmespeicher betrieben, wobei sich das Phasenwechselmaterial Wasser (3c) bevorzugt im Porenzwischenraum einer Festkörpermatrix (3d) befindet.

Des Weiteren wird der erdvergrabene Speicher (3) nicht als Saisonspeicher, sondern so klein wie möglich ausgeführt. Während der Heizsaison wird er fortwährend regeneriert, indem Wärme aus der Umgebungsluft (4a) ohne Aktivierung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) in den Speicher (3) verschoben wird.

FIG. 1

Kombinierte Heiz- und Kühlanlage mit Sole-Wasser-Wärmepumpe und zwei Umgebungswärmequellen

HINTERGRUND UND GEBIET DER ERFINDUNG

Die Erfindung betrifft eine kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) auf der Basis einer Sole-Wasser-Wärmepumpe (2), welche Umgebungswärme sowohl aus der Umgebungsluft (4a) als auch aus einem erdvergrabenen Speicher (3) bezieht.

Der erdvergrabene Speicher (3) erlaubt im Heizbetrieb (12) auch bei sehr niedrigen Lufttemperaturen einen effizienten Betrieb der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2). Im Kühlbetrieb (13) dient er als Kältespeicher, der bei der Verfügbarkeit von kostengünstigem Strom, insbesondere aus Photovoltaikanlagen, aufgebaut wird und später ohne Aktivierung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) Kälte an einen Verbraucher (5) abgibt.

Der erdvergrabene Speicher (3) wird in beiden Betriebsarten zumindest zeitweise als Latentwärmespeicher betrieben, wobei sich das Phasenwechselmaterial Wasser (3c) bevorzugt im Porenzwischenraum einer Festkörpermatrix (3d) befindet.

Des Weiteren wird der erdvergrabene Speicher (3) nicht als Saisonspeicher, sondern so klein wie möglich ausgeführt. Während der Heizsaison wird er fortwährend regeneriert. Dies erfolgt, indem bei milder Witterung ohne Aktivierung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) über den Luftwärmeabsorber (4) Wärme aus der Umgebungsluft (4a) gewonnen und in den erdvergrabenen Speicher (3) verschoben wird.

Zusammengefasst besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung in der Realisierung eines kombinierten Heiz- und Kühlsystems, dessen Wirkungsgrad im Heizbetrieb (12) durch wechselnde Umgebungsbedingungen wenig beeinflusst wird und das im Kühlbetrieb (13) - im Hinblick auf die Nutzung volatiler regenerativer Energiequellen - eine Speicherung von Kälte erlaubt, die später ohne Aktivierung der Wärmepumpe an den Verbraucher (5) abgegeben werden kann. Das System eignet sich insbesondere für Einrichtungen mit einem kombinierten Wärme- und Kältebedarf, wie dies insbesondere bei Wohn- und Gewerbeimmobilien gegeben ist.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch eine kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) gemäß Anspruch 1.

BISHERIGER STAND DER TECHNIK

Aus US5507337A ist ein Heiz-/Kühlsystem bekannt, welches für die Betriebsarten Heizen und Kühlen jeweils zwei Unterbetriebsarten zum Aufbau und zur Entnahme von Energie aus einem Latentwärmespeicher vorsieht. Der Latentwärmespeicher enthält zwei Phasenwechselmaterialien, wobei das erste (Wasser) in nicht eingekapselter Form und das zweite mit einem höheren Schmelzpunkt in eingekapselter Form vorliegt. Dementsprechend dient das erste Phasenwechselmaterial der Speicherung von Kälte und das zweite der Speicherung von Wärme. Unterschiedliche Betriebsarten und ein Wärmepumpensystem mit zwei Wärmetauschern, die jeweils als Verdampfer oder Verflüssiger eingesetzt werden können. Nachteilig ist insbesondere die aufwändige Hydraulik und der aufwändige Aufbau des Latentwärmespeichers.

Aus AT516403B1 desselben Anmelders ist ein Verfahren zur Regeneration des Primärenergiespeichers einer Solewasserwärmepumpe bekannt, bei dem ebenso wie bei der gegenständlichen Erfindung ein Luftsolewärmetauscher einen erdvergrabenen Speicher regeneriert. Jedoch ist im Kühlbetrieb kein Kälteaufbau in diesem vorgesehen, ebenso wenig wie ein Abtaubetrieb des Luftwärmetauschers. Eben diese Betriebsarten bilden aber einen zentralen Bestandteil der gegenständlichen Erfindung.

Aus AT520644B1 desselben Anmelders ist ein Wärmespeicher bekannt, bei dem ein Rohrkollektor in ein thermisch leitfähiges Granulat, insbesondere einen Rundkies, eingebettet ist, wobei ein Phasenwechselmaterial, insbesondere Wasser, den Porenzwischenraum des Granulats bis zur Sättigung durchsetzt.

Aus (beispielsweise) Zeh, R & Stockinger, V. Kalte Nahwärme - Wärme- und Kälteversorgung der Zukunft für Quartiere. Ingenieur Spiegel, 2018(1), Seite 24-26. Bingen am Rhein. (2018), sind sogenannte „Erdeisspeicher“ bekannt, die das in den Kapillaren des Erdreichs befindliche Wasser als Phasenwechselmaterial eines Latentwärmespeichers nutzen. Um eine größere Energiedichte zu erzielen, ist im Gegensatz zur klassischen Geothermie der Speicherkörper in mehreren horizontalen Schichten mit soledurchflossenen Rohrwärmetauschern durchsetzt. Diese „Erdeisspeicher“ sind im Wesentlichen als Saisonspeicher konzipiert. Ein zentrales Anliegen der gegenständlichen Erfindung ist es dagegen, den erdvergrabenen Speicher so klein wie möglich zu halten.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die vorliegende Erfindung wird nun anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert.

Fig. 1 zeigt einen beispielhaften Aufbau der erfindungsgemäßen Heiz- und Kühlanlage (1) in vereinfachter schematischer Form.

Fig. 2 fasst die verschiedenen Betriebsarten und Unterbetriebsarten schematisch in einer hierarchischen Darstellung zusammen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

Fig. 1 zeigt einen beispielhaften Aufbau der erfindungsgemäßen Heiz- und Kühlanlage (1) in vereinfachter schematischer Form.

Die Schlüsselkomponenten der Anlage sind gegeben durch eine Sole-Wasser-Wärmepumpe (2), einen erdvergrabenen Speicher (3) und einen Luftwärmeabsorber (4). Der erdvergrabene Speicher (3) wird hydraulisch über einen Rohrkollektor (3a) in den Solekreis der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) eingebunden. Der Rohrkollektor (3a) ist im Wesentlichen durch parallelgeschaltete PE-Rohre in mehreren horizontalen Schichten ausgebildet. Bevorzugt ist er außerdem in eine Festkörpermatrix (3d) eingebettet, die ihn mechanisch fixiert und deren Porenzwischenraum im Hinblick auf eine Nutzung des Speichers als Latentwärmespeicher das Phasenwechselmaterial Wasser (3c) enthält.

Die Festkörpermatrix (3d) ist bevorzugt durch einen enggestuften Kies mit Korngrößen zwischen 4 und 8 Millimeter ausgebildet. Der Speicherkörper wird durch eine Folie gegen das umgebende Erdreich abgedichtet, sodass der Porenzwischenraum gesättigt mit dem Phasenwechselmaterial Wasser (3c) befüllt werden kann. Der volumetrische Wasseranteil eines solchen Speicherkörpers beträgt etwa 42 Prozent.

Alternativ kann die Festkörpermatrix (3d) auch durch das natürliche Erdreich gegeben sein. Bei Bodenarten mit feinkörnigen Sedimenten (beispielsweise Ton, Lehm) wird viel Wasser adhäsiv gegen die Gravitation am Sediment gehalten („Haftwasser“), weswegen auf eine Abdichtung des Speicherkörpers durch eine Folie verzichtet werden kann. Im Hinblick auf eine kompakte Bauweise und einen geringen

Flächenbedarf wird der Rohrkollektor (3a) auch hier bevorzugt in mehreren horizontalen Schichten ausgeführt. In der Literatur spricht man bei derartigen Speichern neuerdings auch von „Erdeisspeichern“.

Will man alle Hohlräume, insbesondere auch die sogenannten Grobporen, für eine Wasserspeicherung nutzen, muss der Speicherkörper wie beim Kies-Wasser-Speicher durch eine Folie gegen das Erdreich abgedichtet werden. Man erreicht dann für Lehm- und Tonböden einen volumetrischen Wasseranteil von mehr als 50 Prozent. Im Gegensatz zu Kies-Wasser-Speichern kommt es bei Erdeisspeichern jedoch beim Phasenwechsel des Wassers zu Hebungen und Senkungen des Speicherkörpers, sodass Erdeisspeicher an der Oberfläche nicht versiegelt werden können.

Der Luftwärmeabsorber (4) ist bevorzugt als soledurchströmter Lamellenwärmetauscher ausgebildet. Ein solcher besteht im Wesentlichen aus parallelgeschalteten metallischen Kernrohren, in denen der Wärmeträger (Sole) geführt wird. Im Hinblick auf einen möglichst großen Wärmeaustausch mit der Umgebungsluft (4a) werden die Oberflächen der Kernrohre durch Lamellen vergrößert. Die Lamellen besitzen zur Aufnahme der Kernrohre deswegen sogenannte Kragenlöcher, mithilfe derer zum einen ein definierter Abstand zwischen den Lamellen hergestellt und zum anderen der Wärmübergang zwischen Kernrohren und Lamellen optimiert wird. Des Weiteren wird ein Luftstrom durch die Lamellen mithilfe von Ventilatoren (4b) erzwungen. Eine bedeutende Ausprägung solcher Luftwärmeabsorber (4) besteht in sogenannten Rückkühlern, die der Abfuhr von Wärme aus industriellen Prozessen an die Umgebungsluft (4a) dienen. Sie stehen marktbreit und in unterschiedlichsten Variationen und Leistungsklassen zur Verfügung. In einer bevorzugten Ausführung der gegenständlichen Erfindung ist der Luftwärmeabsorber (4) deswegen durch einen marktgängigen Rückkühler ausgebildet. Entgegen seinem ursprünglichen Verwendungszweck dient er aber nun nicht nur der Abgabe von Wärme, sondern auch deren Aufnahme aus der Umgebungsluft (4a).

Ein entscheidender Aspekt der gegenständlichen Erfindung besteht darin, dass die beiden Umgebungswärmequellen im Solekreislauf der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) hydraulisch so verschalt sind, dass im Heizbetrieb (12) sowohl der erdvergrabene Speicher (3) als auch die Umgebungsluft (4a) als Umgebungswärmequellen am Verdampfer (2a) der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) zur Verfügung stehen. Im Kühlbetrieb (13) wird

der Solekreislauf dagegen in zwei Unterkreisläufe aufgeteilt, wobei über den einen dem erdvergrabenen Speicher (3) weiterhin Wärme entzogen (beziehungsweise Kälte aufbaut) und über den anderen, Wärme an die Umgebungsluft (4a) abgegeben wird. Der Speicher (3) kann damit im Hinblick auf das in ihm enthaltene Phasenwechselmaterial Wasser (3c) in beiden Betriebsarten im latenten Bereich betrieben werden.

Die Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) nimmt an ihrem Soleeingang außerdem immer nur Wärme auf (und gibt in keiner Betriebsart Wärme ab), sodass ihr Kältekreis nicht reversibel ausgeführt werden muss.

Die verschiedenen Betriebsarten und Unterbetriebsarten der erfindungsgemäßen Heiz- und Kühlanlage (1) werden nachfolgend nun im Detail erklärt:

HEIZBETRIEB

Die Grundlage des Heizbetriebs (12) und seinen Unterbetriebsarten (12a, 12b, 12c) ist der Solehauptkreislauf (10a), bei dem die beiden Umgebungswärmequellen und der Verdampfer (2a) der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) in Serie geschaltet sind. Im Detail wird die Sole nach dem Verlassen des Verdampfers (2a) zunächst über ein Umschaltventil I (6a) in der Stellung AB-A zum Eingang des Luftwärmeabsorber (4) geleitet. Von dessen Ausgang geht es weiter über ein Umschaltventil II (6b) in der Stellung AB-A an den Eingang des erdvergrabenen Speichers (3). Von dessen Ausgang wird die Sole schließlich über ein Umschaltventil III (6c) ebenfalls in der Stellung AB-A und die Solepumpe I (7a) zurück zum Verdampfer (2a) geführt, womit der Solehauptkreislauf (10a) geschlossen ist.

In einer ersten Unterbetriebsart (12a) (HEIZEN-2-QUELLEN) des Heizbetriebs (12) wird exakt dieser Solehauptkreislauf (10a) betrieben. Er wird von einer Steuerung (11) im Wesentlichen dann aktiviert, wenn die Lufttemperatur größer ist als die Soletemperatur am Ausgang des Verdampfers (2a). Die Sole kann auf ihrem Weg durch den Luftwärmeabsorber (2) bereits Wärme aufnehmen und verlässt diesen typischerweise auf einem Temperaturniveau, das noch unter jenem des erdvergrabenen Speichers (3) liegt. Die Sole nimmt auf ihrem Weg durch diesen folglich weiter Wärme auf und führt die kumulierte Wärme schließlich dem Verdampfer (2a) zu. Die Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) hebt die zugeführte Wärme auf ein höheres Temperaturniveau

an und gibt sie am Verflüssiger (2b) wieder ab. In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung erfolgt diese Wärmeabgabe nicht direkt an den Verbraucher (5). Stattdessen wird die Wärme mithilfe einer Wasserpumpe (7c) zunächst in einen Warmwasserspeicher (8) transferiert. Dies hat entscheidende Vorteile im Hinblick auf den Kühl- und den Abtautrieb, die in weiterer Folge noch genauer erläutert werden. Über den Warmwasserspeicher (8) wird die Wärme schließlich entweder an einen Warmwasserverbraucher (5a) und/oder einen allgemeinen Verbraucher (5), insbesondere einen Heizwärmeverbraucher, abgegeben. Die Abgabe dieser Wärme ist in Fig. 1 nur grob angedeutet.

Bei bestimmten Temperaturverhältnissen (hohe Lufttemperatur, niedrige Speichertemperatur) kann es auch vorkommen, dass die Soletemperatur nach dem Luftwärmeabsorber (2) das Temperaturniveau des erdvergrabenen Speichers (3) bereits überschreitet. Die Temperatur der Sole nimmt auf ihrem Weg durch den erdvergrabenen Speicher (3) dann wieder ab, was sich zunächst ungünstig auf die Arbeitszahl der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) auswirkt. Dies kann aber auch ein Vorteil sein, weil damit Wärme in den Speicher (3) eingetragen wird, die später bei kalten Witterungsverhältnissen wieder zur Verfügung steht.

In der zweiten Unterbetriebsart (12b) (HEIZEN-LUFT) wird die von der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) benötigte Umgebungswärme ausschließlich der Umgebungsluft (4a) entnommen. Die Steuerung (11) aktiviert diese Unterbetriebsart entweder bei sehr milden Witterungsverhältnissen oder wenn, insbesondere vor prognostizierten Kälteperioden, der erdvergrabene Speicher (3) geschont werden soll. Im Solekreis wird der Rohrkollektor (3a) des Speichers (3) dann durch das Umschaltventils II (6b) in der Stellung AB-B und die Bypass-Leitung II (14b) umgangen.

In der dritten Unterbetriebsart (12c) (HEIZEN-SPEICHER) wird die von der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) benötigte Umgebungswärme ausschließlich aus dem erdvergrabenen Speicher (3) entnommen. Der Unterschied zum Solehauptkreislauf (10a) besteht darin, dass der Luftsoleabsorber (4) mithilfe des Umschaltventils I (6a) in der Stellung AB-B und der Bypass-Leitung I (14a) umgangen wird. Die Steuerung (11) aktiviert diese Unterbetriebsart entweder bei sehr kalten Witterungsverhältnissen oder wenn die Erzeugung von Heizwärme bei einer Abtauung des Luftwärmeabsorber (4) aufrechterhalten werden soll.

In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung berechnet die Steuerung (11) im Heizbetrieb (12) regelmäßig die Arbeitszahlen der Unterbetriebsarten (12a, 12b, 12c) unter den aktuellen Bedingungen und aktiviert - abgesehen von Ausnahmesituationen - automatisch jene, welche die höchste Arbeitszahl aufweist.

Die besagten Arbeitszahlen hängen im Wesentlichen von der Soletemperatur im Verdampfer (2a) und der Wassertemperatur im Verflüssiger (2b) ab (vergleiche Carnot-Wirkungsgrad). Während die Wassertemperatur im Verflüssiger (2b) für alle drei Unterbetriebsarten konstant ist und gemessen werden kann, muss die sich einstellende Soletemperatur im Verdampfer (2a) berechnet werden. Die exakten Temperaturen der Sole am Eingang und Ausgang des Verdampfers (2a) sind dabei Variable in einem nicht linearen Gleichungssystem, welches neben der Luft- und der Speichertemperatur auch anlagenspezifische Parameter wie beispielsweise die Wärmetauscherfläche und Luftleistung des Luftwärmeabsorbers, den Soledurchfluss, die Temperaturspreizung der Wärmepumpe, etc. enthält. Die Soletemperaturen am Verdampfer-Eingang bzw. -Ausgang lassen sich durch die Steuerung (11) daher analytisch schwer ermitteln. Mit der Rechenleistung einer modernen Steuerung (11) kann das Problem aber durchaus auch numerisch gelöst werden.

ABTAUBETRIEB

Der Abtaubetrieb ist eine vierte Unterbetriebsart (12d) des Heizbetriebes (12). Bedingt durch die Abkühlung der Umgebungsluft (4a) kommt es zu einer Kondensation des in ihr enthaltenen Wasserdampfes und in weiterer Folge zu einer Eisbildung an den Lamellen und Kernrohren des Luftwärmeabsorbers (4), wenn die Sole- und/oder die Lufttemperatur unter dem Gefrierpunkt liegen. Diese Eisbildung vermindert den Wirkungsgrad des Luftwärmeabsorbers (4) beziehungsweise macht ihn überhaupt funktionsunfähig, sodass das Eis während des Heizbetriebes (12) immer wieder abgetaut werden muss.

In der gegenständlichen Erfindung kommt außerhalb der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) kein Kältemittel zum Einsatz. Alle Energieverschiebungen zwischen der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) und den beiden Umgebungswärmequellen müssen demnach auf der Basis des Wärmeträgers Sole durchgeführt werden. Dies erfordert größere Rohrleitungsquerschnitte, hat jedoch auch

den Vorteil, dass die bauseitig herzustellenden Verbindungen zwischen den Anlagekomponenten wesentlich einfacher auszuführen sind, als dies bei einem gasförmigen Medium der Fall wäre. Des Weiteren tritt bei etwaigen Leckagen kein Verlust von teurem und klimaschädlichem Kältemittel auf, und auch gesetzlich vorgeschriebene und wiederkehrende Dichtheitsüberprüfungen können entfallen.

Die Abtauung des Luftwärmeabsorbers (4) erfolgt also über die Sole. Dazu wird der Solehauptkreislauf (10a) in zwei autarke Unterkreisläufe Soleunterkreislauf I (10b) und Soleunterkreislauf II (10c) aufgeteilt. Der Soleunterkreislauf II (10b) deckt sich weitgehend mit dem Solehauptkreislauf (10a), jedoch wird bei diesem über das Umschaltventil I (6a) in Stellung AB-B und die Bypass-Leitung I (14a) der Luftwärmeabsorber (4) umgangen. Da sich die Solepumpe I (7a) im Soleunterkreislauf II (10c) befindet, muss der Soleunterkreislauf I (10b) mit einem eigenen Antrieb ausgestattet werden, der durch eine Solepumpe II (7b) gegeben ist.

Im Detail führt der Soleunterkreislauf I (10b) von der Druckseite der Solepumpe II (7b) ausgehend zunächst über den Sole-Warmwasser-Wärmetauscher (8a) und das Rückschlagventil (6d) zum Luftwärmeabsorber (4) und von diesem zurück zur Saugseite der Solepumpe II (7a), womit der Soleunterkreislauf I (10b) geschlossen ist. Das Rückschlagventil (6d) verhindert in der ersten beziehungsweise zweiten Unterbetriebsart (12a, 12b) einen Solefluss durch den Sole-Warmwasser-Wärmetauscher (8a). Im gegenständlichen Abtaubetrieb (12d) wird es dagegen durch den Druckaufbau der Solepumpe II (7b) automatisch geöffnet und bildet dann annähernd keinen Druckverlust mehr aus. Selbstverständlich könnte das Rückschlagventil (6d) auch als motorisiertes 2/2-Wegeventile ausgeführt werden, jedoch müsste es dann explizit in die Steuerung (11) eingebunden werden, was mit einem größeren Integrationsaufwand und einer zusätzlichen Fehlerquelle verbunden wäre.

Die Abtauung des Luftwärmeabsorbers (4) wird durch den Betrieb des Soleunterkreislaufes I (10b) aktiviert. Die Sole nimmt auf ihrem Weg durch den Sole-Warmwasser-Wärmetauscher (8a) Wärme auf und bringt diese über das Rückschlagventil (6d) zum Luftwärmeabsorber (4), wo sie das an dessen Lamellen und Kernrohren anhaftende Eis zum Schmelzen bringt.

Der Sole-Warmwasser-Wärmetauscher (8a) ist bevorzugt als innenliegender Rohrwärmetauscher des Warmwasserspeichers (8) ausgeführt. Grundsätzlich könnte die für die Abtauung notwendige Wärme auch über einen außenliegenden Plattenwärmetauscher (in Fig. 1 nicht ausgeführt) in den Solekreis eingekoppelt werden, jedoch neigen Plattenwärmetauscher zu Frostschäden, wenn bei negativen Soletemperaturen nur die Sole zirkuliert und der ebenfalls über den Plattenwärmetauscher führende Wasserkreislauf aufgrund eines Fehlers zum Stillstand kommt. Des Weiteren benötigt der Lösungsansatz mit dem Plattenwärmetauscher zumindest eine zusätzliche Pumpe und verursacht damit auch einen zusätzlichen Steuerungsaufwand, sodass insbesondere für kleinere Leistungsklassen die Lösung nach Fig. 1 zu bevorzugen ist.

Des Weiteren ist in einer bevorzugten Ausführung der Erfindung der innenliegende Rohrwärmetauscher (8a) im unteren Bereich des Warmwasserspeichers (8) angebracht, sodass bei einer Wärmeentnahme die Schichtung im obersten Bereich erhalten bleibt und das wärmste Wasser weiterhin für den Warmwasserverbraucher (5a) und/oder den Verbraucher (5) zur Verfügung steht.

Ein weiterer Vorteil der vorgeschlagenen Abtaulösung besteht darin, dass, bedingt durch die Unabhängigkeit der beiden Unterkreisläufe Soleunterkreislauf I (10b) und Soleunterkreislauf II (10c), während der Abtauung die Heizwärmeerzeugung nicht unterbrochen werden muss. Die Umgebungswärme für die Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) wird dann ausschließlich dem erdvergrabenen Speicher (3) entnommen. Auch die Aktivierung der Abtauung kann praktisch nahtlos aus einer der drei ersten Unterbetriebsarten (12a, 12b, 12c) erfolgen, weil keine Prozessumkehr im Kältekreis notwendig ist und sich die Verhältnisse in diesem deswegen nur wenig ändern. Würde man die Abtauung hingegen durch eine Prozessumkehr realisieren, wäre die Umschaltung komplex und zeitaufwändig, weil durch die Vertauschung der Funktionen von Verdampfer (2a) und Verflüssiger (2b) zunächst die Temperaturniveaus des Kältemittels an die neue Situation angepasst werden müssten.

Schließlich besitzt die in Fig. 1 vorgeschlagene Lösung auch noch den Vorteil, dass die Abtauung mit großer Leistung und deswegen sehr schnell erfolgen kann. Der Grund dafür liegt darin, dass die im Warmwasserspeicher (8) über einen längeren Zeitraum aufgebaute Wärme nun in viel kürzerer Zeit abgeerntet

werden kann. Auf diese Weise lassen sich Abtauleistungen realisieren, die signifikant über der Nennleistung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) liegen. Zudem ist der elektrische Energiebedarf gering, weil der Aufbau der Abtauenergie durch die Arbeitszahl der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) gehebelt wurde.

REGENERATION

Die Regeneration des erdvergrabenen Speichers (3) ist eine fünfte Unterbetriebsart (12e) des Heizbetriebes (12). Im Hinblick auf geringe Errichtungskosten und einen geringen Flächenbedarf, muss insbesondere der erdvergrabene Speicher (3) so klein wie möglich gehalten werden. Anders als bei Flächenkollektoren oder auch den noch in Entwicklung befindlichen Erdeisspeichern handelt es sich beim gegenständlichen Speicher (3) nicht um einen Saisonspeicher, sondern um einen kleinen Hilfsspeicher, der innerhalb der Heizsaison bei jeder sich bietenden Gelegenheit regeneriert wird. Damit diese intrasaisonale Regeneration überhaupt stattfinden kann, bedarf es der zweiten Umgebungswärmequelle Umgebungsluft (4a), deren Wärme über den Luftwärmeabsorber (4) abgegriffen wird.

Der erdvergrabene Erdspeicher (3) wird bevorzugt als Latentwärmespeicher mit dem Phasenwechselmaterial Wasser (3c) betrieben. Wegen der großen latenten Wärmemenge im Bereich von 0°C stellt sich über weite Strecken der Heizsaison auch dieser Betriebspunkt ein, was wiederum eine natürliche Regeneration des Speichers bei Lufttemperaturen ermöglicht, die nur knapp über dem Gefrierpunkt liegen. Dieses Temperaturniveau wird in gemäßigten Klimazonen auch während ausgeprägter Kältephasen immer wieder erreicht, sodass der Speicher sogar inmitten solcher zumindest teilweise regeneriert werden kann.

Des Weiteren sorgt in einer bevorzugten Ausführung der gegenständlichen Erfindung das Speichermanagement der Steuerung (11) dafür, dass während ausgeprägter Kälteperioden der erdvergrabene Speicher (3) bestmöglich geschont und die Umgebungswärme bevorzugt der Umgebungsluft (4a) entnommen wird. Die latente Energie des Speichers (3) steht dann tatsächlich für die kältesten Witterungsphasen zur Verfügung, in denen ansonsten eine (meist elektrische) Zusatzheizung aktiviert werden müsste.

Modellrechnungen zeigen, dass sich beispielsweise für Wien die Aktivierung einer Zusatzheizung auch in kalten Wintern

vollständig vermeiden lässt, wenn der erdvergrabene Speicher (3) über einem latenten Energieinhalt von wenigstens 50 Volllaststunden verfügt. Ein solcher Speicher ist insbesondere im urbanen Gebiet unvergleichbar einfacher und kostengünstiger zu realisieren als ein Saisonspeicher mit 1800 Volllaststunden, wie er beispielsweise in der klassischen Geothermie benötigt wird.

Der Solekreislauf bei der Regeneration ist identisch mit dem Solehauptkreislauf (10a). Die Sole wird durch den Verdampfer (2a) der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) geleitet, jedoch ist diese nicht aktiviert, sodass im Verdampfer (2a) keine Wärmeabgabe stattfindet. Damit ist die Energiebilanz recht einfach und besagt, dass die aus der Umgebungsluft (4a) aufgenommene Wärme eins zu eins in den erdvergrabenen Speicher (3) übertragen wird. Diese Unterbetriebsart (12e) wird von der Steuerung (11) aktiviert, wenn kein Bedarf für eine Wärmeerzeugung gegeben ist und die Lufttemperatur größer als die Speichertemperatur ausfällt.

KÜHLBETRIEB

Die Grundlage des Kühlbetriebs (13) und seiner Unterbetriebsarten sind die unabhängigen Unterkreisläufe Soleunterkreislauf I (10b) und Soleunterkreislauf II (10c), wie sie schon bei der vierten Unterbetriebsart (12d) (ABTAUEN) des Heizbetriebs (12) besprochen wurden.

In einer ersten Unterbetriebsart (13a) (KÄLTEAUFBAU IM SPEICHER) des Kühlbetriebs (13) entzieht die Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) dem erdvergrabenen Speicher (3) über den Soleunterkreislauf II (10c) Wärme und hebt das Temperaturniveau auf der Wasserseite dann so hoch an, dass die entzogene Wärme über den Luftwärmeabsorber (4) an die Umgebungsluft (4a) abgegeben werden kann. Dies erfolgt bevorzugt indirekt über den Warmwasserspeicher (8) und den Sole-Warmwasser-Wärmetauscher (8a), weil dann auch während des Kühlbetriebs (13) immer ausreichend Warmwasser für einen Warmwasserverbraucher (5a) zur Verfügung steht.

Diese erste Unterbetriebsart (13a) wird von der Steuerung (11) aktiviert, wenn die Bedingungen für eine kostengünstige Kälteerzeugung vorliegen, jedoch keine Abnahme der Kälte stattfindet. Beispielsweise wäre hier ein Bürogebäude vorstellbar, das an den Wochenenden oder Feiertagen keinen Kältebedarf aufweist, jedoch Kälte preisgünstig aus einer

Photovoltaikanlage erzeugen kann. Ein anderes Beispiel betrifft die Kälteerzeugung während der Nachtstunden, in denen die elektrische Energie aus dem Netz oftmals signifikant günstiger bezogen werden kann als am Tag.

In einer zweiten Unterbetriebsart (13b) (PARTIELLER KÄLTEAUFBAU) des Kühlbetriebs (13) wird ein Teil der durch die Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) erzeugten Kälteleistung zur Deckung eines aktuellen Kältebedarfs verwendet. Der andere Teil wird in den Kälteaufbau im erdvergrabenen Speicher (3) investiert. Diese Unterbetriebsart (13b) wird von der Steuerung (11) dann aktiviert, wenn der Kältebedarf des Verbrauchers (5) unter der Leistungsgrenze der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) liegt und gleichzeitig preisgünstige elektrische Energie zur Verfügung steht.

Die Solekreisläufe ähneln jener der ersten Unterbetriebsart (13a), wobei der Soleunterkreislauf I (10b) überhaupt identisch betrieben wird. Im Soleunterkreislauf II wird über das Umschaltventil III (6c) in der Stellung AB-B die Bypass-Leitung III (14c) deaktiviert und damit der Sole-Kaltwasser-Wärmetauscher (9a) in den Solekreis mitaufgenommen. Das Umschaltventil II (6b) ist bevorzugt als Misch- oder Regelventil ausgeführt, sodass die Steuerung (11) über die Bypass-Leitung II (14b) einen kontinuierlich einstellbaren Teil des Solestroms am erdvergrabenen Speicher (3) vorbeiführen kann, wobei in der Stellung AB-B der gesamte und in der Stellung AB-A überhaupt kein Solestrom am Speicher vorbeigeführt wird.

In einer dritten Unterbetriebsart (13c) (PARTIELLER KÄLTEABBAU) des Kühlbetriebs (13) wird nur ein Teil der vom Verbraucher (5) benötigten Kälteleistung durch die Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) erzeugt. Ein zweiter Teil wird dem erdvergrabenen Speicher (3) entnommen. Der Steuerung (11) aktiviert diese Unterbetriebsart (13c) beispielsweise dann, wenn elektrische Energie aktuell teuer ist, aber die benötigte Kälteleistung nicht ausschließlich aus dem erdvergrabenen Speicher (3) bezogen werden kann. Ein anderer Anwendungsfall ist gegeben, wenn vom Verbraucher (5) Kältespitzen benötigt werden, welche die Leistungsgrenze der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) übertreffen.

Die Solekreisläufe für diese dritte Unterbetriebsart (13c) decken sich mit jener der zweiten Unterbetriebsart (13b). Die beiden Unterbetriebsarten sind von der Steuerung (11)

logsicherweise nicht unabhängig einstellbar, sondern „ergeben sich“ vielmehr aus dem Ladezustand des erdvergrabenen Speichers (3). Dementsprechend muss die zeitliche Abfolge dieser Betriebsarten auch vorausschauend von der Steuerung (11) geplant werden. Dazu eignen sich insbesondere modellprädiktive Regler, die in weiterer Folge noch genauer erläutert werden. Als Regelgröße für einen entsprechenden Basisregler eignet sich insbesondere die Soletemperatur am Eingang des Sole-Kaltwasser-Wärmetauschers (9a), als Stellgröße die Stellung des Mischventils (6b).

In einer vierten Unterbetriebsart (13d) (PASSIVES KÜHLEN) des Kühlbetriebs (13) wird die in der ersten und/oder zweiten Unterbetriebsart (13a, 13b) im erdvergrabenen Speicher (3) aufgebaute Kälte ohne Aktivierung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) an einen Verbraucher (5) abgegeben. Sie wird von der Steuerung (11) beispielsweise dann aktiviert, wenn während der Nachtstunden kein Photovoltaikstrom verfügbar, aber dennoch ein Kältebedarf gegeben ist. Die Solekreisläufe sind identisch mit jenen der zweiten und dritten Unterbetriebsart (13b, 13c), jedoch ist die Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) deaktiviert.

In einer fünften Unterbetriebsart (13e) (KÜHLEN) des Kühlbetriebs (13) wird keine Kälte im erdvergrabenen Speicher (3) aufgebaut, sondern die gesamte Kälteleistung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) an den Verbraucher (5) abgegeben. Die Solekreisläufe decken sich weitgehend mit jenen der zweiten Unterbetriebsart (13b), jedoch wird im Soleunterkreislauf II (10c) über das Umschaltventil II (6b) in der Stellung AB-B und die Bypass-Leitung II (14b) der erdvergrabene Speicher (3) vollständig umgangen.

Die Übertragung der Kälte an den Verbraucher (5) erfolgt in einer bevorzugten Ausführung der Erfindung indirekt über einen Sole-Kaltwasser-Wärmetauscher (9a). Dieser ist bevorzugt durch einen innenliegende Rohrwärmetauscher in einem Kaltwasserspeicher (9) ausgebildet. Grundsätzlich könnte er auch als Plattenwärmetauscher (in Fig. 1 nicht ausgeführt) realisiert werden, jedoch bestünde auch hier – ähnlich wie schon beim Sole-Warmwasser-Wärmetauscher (8a) – die Gefahr von Frostschäden.

Fig. 2 fasst die in Fig. 1 beschriebenen Betriebsarten und Unterbetriebsarten noch einmal schematisch in einer hierarchischen Darstellung zusammen.

Tabelle I fasst die Zustände der wichtigsten Betriebsmittel in den verschiedenen Betriebs- und Unterbetriebsarten überblicksmäßig zusammen.

Aus Fig. 2 und Tabelle I wird rasch klar, dass der Steuerungsaufwand für die gegenständliche Heiz- und Kühlanlage (I) nicht unbeträchtlich ist. Für einen kostenoptimalen Betrieb der Anlage benötigt die Steuerung (II) insbesondere auch Temperatur- und Strompreisprognosen sowie Daten über die aktuelle und zukünftige Verfügbarkeit von zusätzlichen elektrischen Energiequellen, wie sie insbesondere durch Photovoltaikanlagen gegeben sind. Die Daten der letzteren kann die Steuerung (II) von modernen Wechselrichtern über standardisierte IT-Schnittstellen und Protokolle abgreifen. Strompreis- bzw. Temperaturprognosen sind über verschiedene Online-Portale verfügbar. Die stündlichen Marktpreise für Strom, die sich aus der täglich stattfindenden DAY-AHEAD-Auktion der EPEX (European Power Exchange) ergeben, stehen beispielweise auf deren Portalen (EPEXSPOT) jeweils ab 14:00 für den darauffolgenden Tag zur Verfügung.

Der Steuerung (II) kommt nun die Aufgabe zu, zu jeder Zeit den prognostizierten Wärme- bzw. Kältebedarf abzudecken und dabei die benötigte Wärme bzw. Kälte mit minimalen Kosten zu erzeugen. Diese komplexe Aufgabe lässt sich am einfachsten mit einem modellprädiktiven Regler lösen. Dieser enthält ein mathematisches Modell, nach dem sich die Kosten in Abhängigkeit von verschiedenen Variablen berechnen lassen. Die Variablen, die von der Steuerung (II) manipuliert werden können, werden auch als Entscheidungsvariable oder Stellgrößen bezeichnet. Die konkrete Aufgabe des Reglers ist es also, fortlaufend die Stellgrößen so zu berechnen, dass sich für die Gesamtkosten innerhalb eines sogenannten Prädiktionshorizonts ein Minimum ergibt.

Eine spezielle Methode für die Formulierung des mathematischen Modells ist durch die gemischt-ganzzahlige Optimierung (englisch: MILP) gegeben. Das mathematische Modell liegt hier durch lineare Gleichungen beziehungsweise Ungleichungen vor, bei dem eine Teilmenge der Variablen nur mit ganzzahligen oder diskreten Werten belegt werden darf. Damit stehen wesentlich weniger Lösungskombinationen als bei kontinuierlichen Variablen zur Verfügung. Mit speziellen Solver-Programmen lassen sich MILP-Probleme dadurch sehr schnell und mit vertretbaren Rechenleistungen lösen.

Die wichtigste Stellgröße des gegenständlichen Systems ist die einzustellende Unterbetriebsart. Ob und in welchem Ausmaß beispielsweise im Kühlbetrieb (13) ein Kälteaufbau im Speicher durch die erste oder zweite Unterbetriebsart (13a, 13b) stattfindet oder ob die benötigte Kälte einfach dem aktuellen Bedarf entsprechend in der fünften Unterbetriebsart (13e) erzeugt wird, hängt von einer Vielzahl von Variablen, beispielsweise vom Kältebedarf, den Stromkosten, dem Ladezustand des erdvergrabenen Speichers (3) oder den Lufttemperaturen ab.

In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung greift die Steuerung (11) Temperatur- und/oder Strompreisprognosen beziehungsweise Daten von zusätzlichen elektrischen Energiequellen über eine Netzwerkschnittstelle von externen Geräten und/oder Online-Portalen ab. Sie berechnet zunächst den zeitlichen Verlauf des Wärme- bzw. Kältebedarfs, der sich bei Raumklimaanwendungen im Wesentlichen aus der Prognose für die Lufttemperatur ergibt. Die Steuerung (11) enthält einen modellprädiktiven Regler, in dessen mathematischem Modell Gleichungen vorliegen, über die sich die entstehenden Kosten in die verschiedenen Unterbetriebsarten berechnen lassen (Zielfunktion). Daneben existieren weitere Gleichungen und Ungleichungen (Nebenbedingungen), welche die Wertebereiche der Variablen einschränken. Der modellprädiktive Regler enthält einen Solver, der fortwährend versucht die Unterbetriebsarten so einzustellen, dass sich die Gesamtkosten unter Einhaltung der Nebenbedingungen innerhalb eines Prädiktionshorizonts zu einem Minimum ergeben.

Weitere Stellgrößen des Reglers sind eventuell durch die Stellung des Mischventils II (6b) und - bei einer Ausführung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) als Inverter-Wärmepumpe - die Frequenz des Kompressors gegeben.

Tabelle I

Betriebsart / Unterbetriebsart	Umschaltventil I (6a)	Umschaltventil II (6b)	Umschaltventil III (6c)	Solepumpe I (7a)	Solepumpe II (7b)	Sole-Wasser- Wärmepumpe (2)
Heizbetrieb (12)						
Heizen-2-Quellen (12a)	AB-A	AB-A	AB-A	EIN	AUS	EIN
Heizen-Luft (12b)	AB-A	AB-B	AB-A	EIN	AUS	EIN
Heizen-Speicher (12c)	AB-B	AB-A	AB-A	EIN	AUS	EIN
Abtauen (12d)	AB-B	-	-	-	EIN	-
Regeneration Speicher (12e)	AB-A	AB-A	AB-A	EIN	AUS	AUS
Kühlbetrieb (13)						
Kälteaufbau im Speicher (13a)	AB-B	AB-A	AB-A	EIN	EIN	EIN
Partieller Kälteaufbau (13b) / Partieller Kälteabbau (13c)	AB-B	AB-A AB-B)	AB-B	EIN	EIN	EIN
Passives Kühlen (13d)	AB-B	AB-A	AB-B	EIN	AUS	AUS
Kühlen (13e)	AB-B	AB-B	AB-B	EIN	EIN	EIN
Bemerkungen - 12a: Umgebungswärme aus beiden Quellen (Standard) - 12b: Umgebungswärme ausschließlich aus Umgebungsluft (bei milder Witterung oder Schonung des Speichers vor Kälteperioden) - 12c: Umgebungswärme ausschließlich aus Speicher (bei sehr kalter Witterung oder gleichzeitigem Abtaubetrieb) - 12c,12d: bei Bedarf auch gleichzeitig - 13b,13c: Bei Verfügbarkeit kostengünstiger elektrischer Energie - 12e,13d: Ohne Aktivierung der Wärmepumpe - *) Umschaltventil II (6b) bei einer Ausführung als Mischventil kontinuierlich zwischen AB-A und AB-B verstellbar						

Bezugszeichenaufstellung

- 1 Heiz- und Kühlanlage
- 2 Sole-Wasser-Wärmepumpe
- 2a Verdampfer
- 2b Verflüssiger
- 3 Erdvergrabener Speicher
- 3a (soledurchströmter) Rohrkollektor
- 3b Thermische Isolation
- 3c Phasenwechselmaterial Wasser
- 3d Festkörpermatrix
- 4 (soledurchströmter) Luftwärmeabsorber
- 4a Umgebungsluft
- 4b Ventilator
- 5 Verbraucher
- 5a Warmwasserverbraucher
- 6a Umschaltventil I (Bypass Luftwärmeabsorber)
- 6b Umschaltventil II (Bypass erdvergrabender Speicher)
- 6c Umschaltventil III (Bypass Kaltwasserspeicher)
- 6d Rückschlagventil
- 7a Solepumpe I
- 7b Solepumpe II
- 7c Wasserpumpe
- 8 Warmwasserspeicher
- 8a Sole-Warmwasser-Wärmetauscher
- 9 Kaltwasserspeicher
- 9a Sole-Kaltwasser-Wärmetauscher
- 10a Solehauptkreislauf
- 10b Soleunterkreislauf I
- 10c Soleunterkreislauf II
- 11 Steuerung
- 12 Heizbetrieb
- 12a Erste Unterbetriebsart (Heizen-2-Quellen)
- 12b Zweite Unterbetriebsart (Heizen-Luft)
- 12c Dritte Unterbetriebsart (Heizen-Speicher)
- 12d Vierte Unterbetriebsart (Abtauen)
- 12e Fünfte Unterbetriebsart (Regeneration Speicher)
- 13 Kühlbetrieb
- 13a Erste Unterbetriebsart (Kälteaufbau im Speicher)
- 13b Zweite Unterbetriebsart (Partieller Kälteaufbau)
- 13c Dritte Unterbetriebsart (Partieller Kälteabbau)
- 13c Vierte Unterbetriebsart (Passives Kühlen)
- 13d Fünfte Unterbetriebsart (Kühlen)
- 14a Bypass-Leitung I (Luftwärmeabsorber)
- 14b Bypass-Leitung II (erdvergrabender Speicher)
- 14c Bypass-Leitung III (Kaltwasserspeicher)

PATENTANSPRÜCHE

1. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) und zwei Umgebungswärmequellen, erstens einem erdvergrabenen Speicher (3) mit einem soledurchströmten Rohrkollektor (3a), bevorzugt ausgebildet als Kies-Wasser-Speicher, und zweitens einem soledurchströmten Luftwärmeabsorber (4), bevorzugt ausgebildet als Lamellenwärmetauscher, **gekennzeichnet dadurch, dass** im Heizbetrieb (12):

- die Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) in einer ersten Unterbetriebsart (12a) sowohl dem erdvergrabenen Speicher (3) als auch der Umgebungsluft (4a)
- und/oder in einer zweiten Unterbetriebsart (12b) ausschließlich der Umgebungsluft (4a)
- und/oder in einer dritten Unterbetriebsart (12c) ausschließlich dem erdvergrabenen Speicher (3)

Wärme entzieht, und diese als Heizwärme auf einem höheren Temperaturniveau direkt oder indirekt an einen Verbraucher (5) abgegeben wird;

und im Kühlbetrieb (13):

- in wenigstens einer Unterbetriebsart die Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) im erdvergrabenen Speicher (3) Kälte aufbaut, und dabei die dem erdvergrabenen Speicher (3) entzogene Wärme über den Luftwärmeabsorber (4) auf einem höheren Temperaturniveau an die Umgebungsluft (4a) abgegeben wird,
- in wenigstens einer anderen Unterbetriebsart die im erdvergrabenen Speicher (3) aufgebaute Kälte direkt oder indirekt an den Verbraucher (5) abgegeben wird.

2. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch, dass** in einer vierten Unterbetriebsart (12d) des Heizbetriebs (12) aus der ersten und/oder zweiten und/oder dritten Unterbetriebsart (12a, 12b, 12c) stammende Heizwärme an den Luftwärmeabsorber (4) abgegeben und dadurch dort befindliches Eis abgeschmolzen wird.

3. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach den Ansprüchen 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch, dass** in einer fünften Unterbetriebsart (12e) des Heizbetriebs (12) der Umgebungsluft (4a) ohne Aktivierung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) Wärme entzogen und dem erdvergrabenen Speicher (3) zugeführt wird.
4. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach den Ansprüchen 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch, dass** im Heizbetrieb (12) die dritte Unterbetriebsart (12c) und die vierte Unterbetriebsart (12d) zeitgleich aktiviert werden.
5. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach den Ansprüchen 1 bis 4, **gekennzeichnet dadurch, dass** der erdvergrabene Speicher (3) sowohl im Heizbetrieb (12) als auch im Kühlbetrieb (13) wenigstens zeitweise als Latentwärmespeicher im latenten Bereich des Phasenwechselmaterials Wasser (3c) betrieben wird, wobei sich dieses bevorzugt im Porenzwischenraum einer Festkörpermatrix (3d) befindet.
6. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach den Ansprüchen 1 bis 5, **gekennzeichnet dadurch, dass** der erdvergrabene Speicher (3) gegenüber dem umgebenden Erdreich durch eine thermische Isolation (3b) und/oder durch eine wasserdichte Folie getrennt ist.
7. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach den Ansprüchen 1 bis 6, **gekennzeichnet dadurch, dass** der latente Wärmeinhalt des erdvergrabenen Speichers (3) einen Grenzwert von 100 Stunden multipliziert mit der Nennheizleistung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) nicht überschreitet.
8. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach den Ansprüchen 1 bis 7, **gekennzeichnet dadurch, dass** eine Steuerung (11) im Heizbetrieb (12) regelmäßig die Arbeitszahlen der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) für die ersten drei Unterbetriebsarten (12a, 12b, 12c) unter den aktuellen Bedingungen berechnet und die Anlage in die Unterbetriebsart mit der höchsten Arbeitszahl versetzt.
9. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach den Ansprüchen 1 bis 8, **gekennzeichnet dadurch, dass** die elektronische Steuerung (11) Daten über die aktuelle oder zukünftige Verfügbarkeit zusätzlicher elektrischer Energiequellen (insbesondere von Photovoltaikanlagen) und/oder Temperatur- und/oder Strompreisprognosen von externen elektronischen Geräten (insbesondere von Wechselrichtern) und/oder Online-Portalen abgreift.

10. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach den Ansprüchen 1 bis 9, **gekennzeichnet dadurch, dass** die Steuerung (11) einen modellprädiktiven Regler mit einem mathematischen Modell zur Berechnung der im Betrieb anfallenden Kosten enthält, und der modellprädiktive Regler in periodischen Abständen wenigstens die Unterbetriebsart der aktuellen Betriebsart jeweils so einstellt, dass die Gesamtkosten innerhalb eines Prädiktionshorizonts ein Minimum ergeben.

FIG. 1

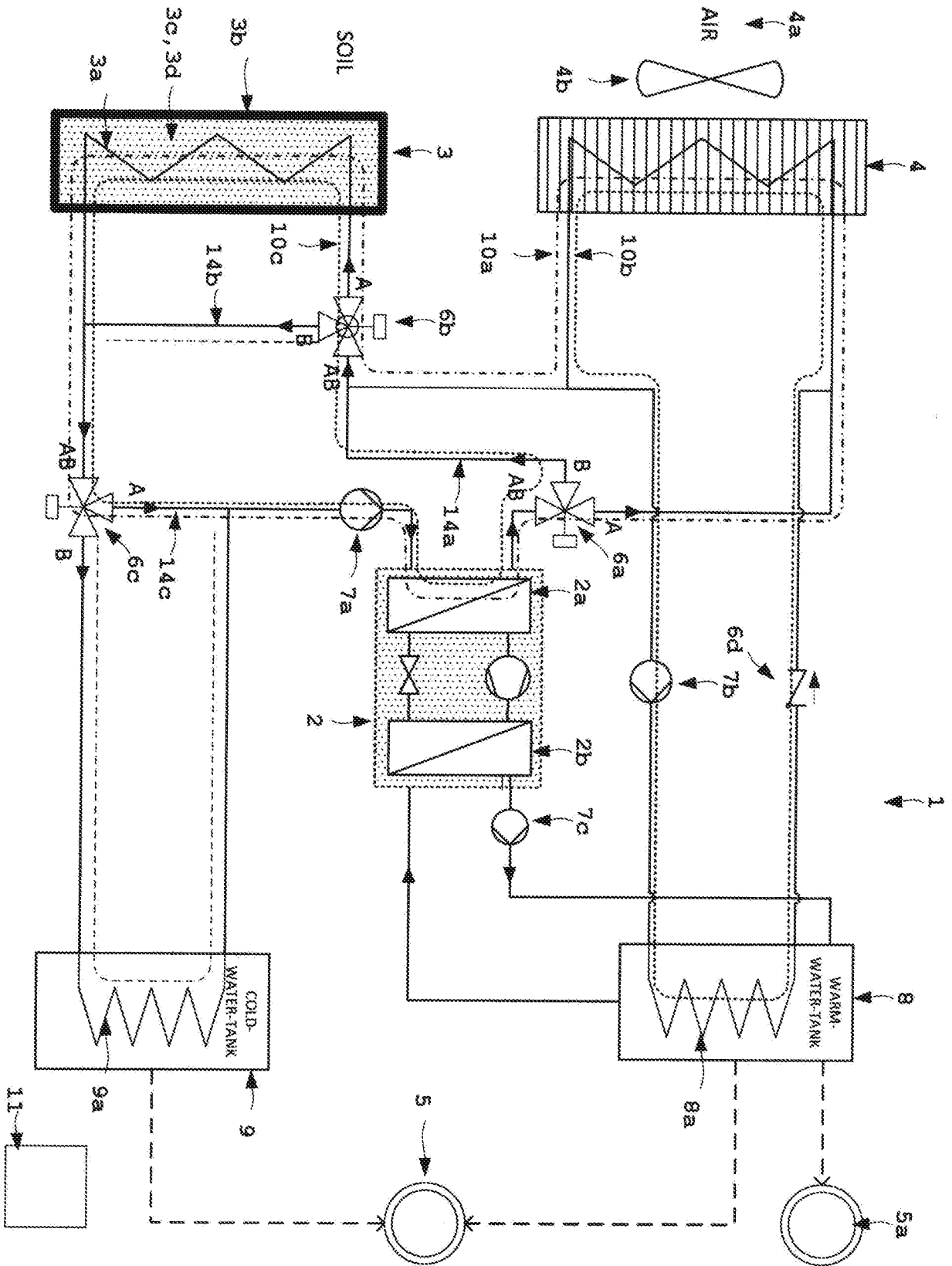
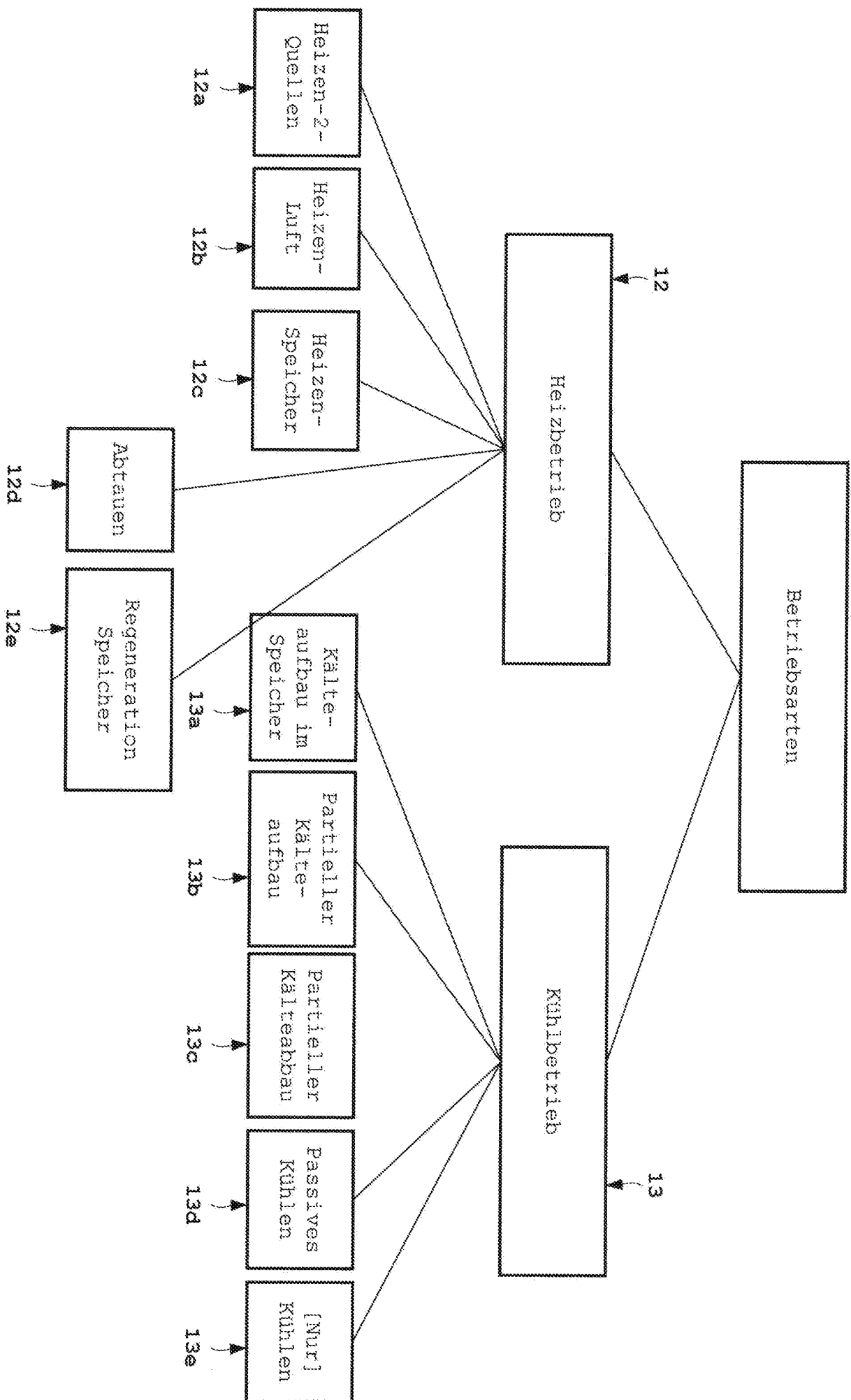


FIG. 2



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

F24F 5/00 (2006.01); **F24D 11/02** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

F24F 5/0017 (2013.01); **F24D 11/02** (2020.01); **F24F 5/0046** (2013.01); **F24D 2200/32** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

F24F, F24D

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPI, Volltextdatenbanken

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 08.09.2022 eingereichten Ansprüchen 1-10 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	JP 2013190202 A (KAJIMA CORP) 26. September 2013 (26.09.2013) Beschreibung Absatz 0057 (übersetzt) [online] [abgerufen am 24.04.2023]. Abgerufen von EPOQUE: {TXPJPEA}; Fig. 1, 11	1
A	EP 3683508 A1 (HOEGFORSGST OY) 22. Juli 2020 (22.07.2020) Zusammenfassung, Fig. 2	1

Datum der Beendigung der Recherche:

02.05.2023

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

KUTZENBERGER Thomas

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

PATENTANSPRÜCHE

1. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) mit einer nicht-reversiblen Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) und zwei Umgebungswärmequellen, erstens einem erdvergrabenen Speicher (3) mit einem soledurchströmten Rohrkollektor (3a), bevorzugt ausgebildet als Kies-Wasser-Speicher, und zweitens einem soledurchströmten Luftwärmeabsorber (4), bevorzugt ausgebildet als Lamellenwärmetauscher, wobei im Heizbetrieb (12) die Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) über einen Solehauptkreislauf (10a) dem erdvergrabenen Speicher (3) und/oder der Umgebungsluft (4a) in verschiedenen Unterbetriebsarten Wärme entzieht beziehungsweise der erdvergrabene Speicher (3) mit Wärme aus der Umgebungsluft (4a) thermisch regeneriert wird, **gekennzeichnet dadurch, dass** im Kühlbetrieb (13) der Solehauptkreislauf (10a) in zwei unabhängige Soleunterkreisläufe, nämlich einen Soleunterkreislauf-Speicher (12c) und einen Soleunterkreislauf-Absorber (12b), aufgetrennt wird, wobei
 - a) in wenigstens einer Unterbetriebsart die Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) dem erdvergrabenen Speicher (3) über den Soleunterkreislauf-Speicher (10c) Wärme entzieht und diese auf einem höheren Temperaturniveau an ihrer Wasserseite abgibt, in weitere Folge die Wärme über einen Sole-Warmwasser-Wärmetauscher (8a) auf den Soleunterkreislauf-Absorber (12b) übertragen und schließlich über den Luftwärmeabsorber (4) an die Umgebungsluft (4a) abgegeben wird, sowie
 - b) in einer weiteren Unterbetriebsart die im erdvergrabenen Speicher (3) aufgebaute Kälte ohne Aktivierung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) über einen bevorzugt seriell in den Soleunterkreislauf-Speicher (10c) geschalteten Sole-Kaltwasser-Wärmetauscher (9a) direkt oder indirekt an einen Verbraucher (5) abgegeben wird.
2. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch, dass** die Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) die von ihr gelieferte Wärme an einen Warmwasserspeicher (8) abgibt, und der Sole-Warmwasser-Wärmetauscher (8a) seinen wasserseitigen Wärmestrom aus dem Wärmeinhalt des Warmwasserspeichers (8) bezieht.

3. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach den Ansprüchen 1 bis 2, **gekennzeichnet dadurch, dass** in einer weiteren Unterbetriebsart des Heizbetriebs (12) zum Zwecke der Abtauung des Luftwärmeabsorbers (4) der Solehauptkreislauf (10a) in die zwei unabhängigen Soleunterkreisläufe Soleunterkreislauf-Absorber (10b) und Soleunterkreislauf-Speicher (10c) aufgetrennt wird, und über den Soleunterkreislauf-Absorber (10b) und den Sole-Warmwasser-Wärmetauscher (8a) Wärme aus dem Warmwasserspeicher (8) auf den Luftwärmeabsorber (4) übertragen wird.
4. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach Anspruch 3, **gekennzeichnet dadurch, dass** gleichzeitig die Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) über den Soleunterkreislauf-Speicher (10c) dem erdvergrabenen Speicher (3) Wärme entzieht und diese auf einem höheren Temperaturniveau an den Warmwasserspeicher (8) abgibt.
5. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach den Ansprüchen 1 bis 4, **gekennzeichnet dadurch, dass** der Sole-Warmwasser-Wärmetauscher (8a) beziehungsweise der Sole-Kaltwasser-Wärmetauscher (9a) als innenliegender Rohrwärmetauscher des Warmwasserspeichers (8) beziehungsweise des Kaltwasserspeichers (9) ausgebildet ist.
6. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach den Ansprüchen 1 bis 5, **gekennzeichnet dadurch, dass** der erdvergrabene Speicher (3) sowohl im Heizbetrieb (12) als auch im Kühlbetrieb (13) wenigstens zeitweise als Latentwärmespeicher im latenten Bereich des Phasenwechselmaterials Wasser (3c) betrieben wird, wobei sich dieses bevorzugt im Porenzwischenraum einer Festkörpermatrix (3d) befindet.
7. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach den Ansprüchen 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch, dass** der erdvergrabene Speicher (3) gegenüber dem umgebenden Erdreich durch eine thermische Isolation (3b) und/oder durch eine wasserdichte Folie getrennt ist.
8. Kombinierte Heiz- und Kühlanlage (1) nach den Ansprüchen 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch, dass** der latente Wärmeinhalt des erdvergrabenen Speichers (3) einen Grenzwert von 100 Stunden multipliziert mit der Nennheizleistung der Sole-Wasser-Wärmepumpe (2) nicht überschreitet.