



(10) **DE 10 2022 121 873 B3** 2024.03.14

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 121 873.2**
(22) Anmeldetag: **30.08.2022**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **14.03.2024**

(51) Int Cl.: **H01M 10/66 (2014.01)**
F24H 1/18 (2022.01)
F24D 17/00 (2022.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Karlsruher Institut für Technologie, 76131
Karlsruhe, DE**

(74) Vertreter:
**Müller-Boré & Partner Patentanwälte PartG mbB,
80639 München, DE**

(72) Erfinder:
**Munzke, Nina, 67281 Kirchheim, DE; Kupper,
Christian, Strasbourg, FR; Mast, Michael, 75305
Neuenbürg, DE**

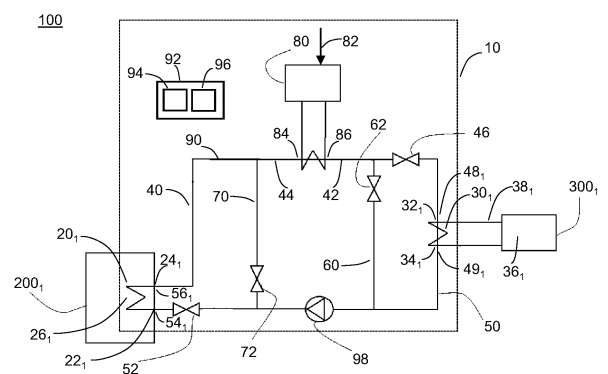
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2009 019 607	A1
DE	10 2014 212 833	A1
DE	10 2015 225 650	A1
JP	2012- 35 812	A

(54) Bezeichnung: **Thermisches Koppelmodul, thermisches Koppelungssystem und Verfahren zur Wärmeübertragung zwischen mindestens einem elektrischen Energiespeicher und mindestens einem Wärmeabnehmer**

(57) Zusammenfassung: Thermisches Koppelmodul (10) zur Wärmeübertragung zwischen mindestens einem elektrischen Energiespeicher (200_{1..n}) und mindestens einem Wärmeabnehmer (300_{1..n}) durch ein Wärmetransportmedium (90), umfassend mindestens einen Energiespeicher-Wärmetauscher (20_{1..n}) mit einem Eingang (22_{1..n}) und einem Ausgang (24_{1..n}); mindestens einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher (30_{1..m}) mit einem Eingang (32_{1..m}) und einem Ausgang (34_{1..m}); eine erste Fluidleitung (40) zwischen dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang und dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang mit einem Wärmeabnehmer-Abtrennventil (46); eine zweite Fluidleitung (50) zwischen dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang und dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang mit einem Energiespeicher-Abtrennventil (52); mindestens eine Wärmequelle (80) zur Einspeisung von Wärmeenergie in das Wärmetransportmedium in der ersten Fluidleitung; eine dritte Fluidverbindung (60) zwischen dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang und der ersten Fluidleitung zwischen der Wärmequelle und dem Wärmeabnehmer-Abtrennventil (46) mit einem Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil (62); eine vierte Fluidverbindung (70) zwischen dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang und der ersten Fluidleitung zwischen dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang und der Wärmequelle mit einem Energiespeicher-Bypass-Ventil (72); und eine Regelungs-

einheit (92) zur Steuerung bzw. Regelung der Einspeisung von Wärmeenergie durch die Wärmequelle und der Wärmeübertragung zwischen dem elektrischen Energiespeicher und dem Wärmeabnehmer durch Steuerung bzw. Regelung des Volumenstroms des Wärmetransportmediums durch die Ventile.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein thermisches Koppelmodul, ein thermisches Koppelungssystem und ein Verfahren zur Wärmeübertragung zwischen mindestens einem elektrischen Energiespeicher und mindestens einem Wärmeabnehmer.

[0002] Die Erfindung liegt auf dem technischen Gebiet der Energietechnik und im Besonderen in der Anlagentechnik für Energiespeichersysteme. Hierbei ergibt sich durch den erhöhten Ausbau von Anlagen zur Stromerzeugung im Bereich der erneuerbaren Energien und insbesondere durch die hohe Volatilität des durch Windkraft- und Photovoltaikanlagen erzeugten Stroms ein großer und stetig zunehmender Bedarf an Energiespeichern zur Zwischenspeicherung überschüssiger elektrischer Energie bei hohem Sonnen- und/oder Windaufkommen, um die gespeicherte Energie zu einem Zeitpunkt niedriger Stromerzeugung und hohem Stromverbrauch wieder im Stromnetz oder lokal einsetzen zu können.

[0003] Batteriesysteme als Zwischenspeicher für überschüssige elektrische Energie weisen hierbei vielversprechende Eigenschaften auf, die sie für die eingeläutete Energiewende in Deutschland und weltweit sehr attraktiv machen. Je nach Batterietechnologie und Einsatzbereich variiert der Wirkungsgrad solcher Batteriesysteme, wobei die entstehenden Verluste bislang zu einem großen Teil ungenutzt als Verlustwärme abgeführt werden. Verlustwärme entsteht primär in dem Batteriesystem selbst und in der zugehörigen Leistungselektronik. Für den Einsatz als vergleichsweise großer stationärer elektrischer Zwischenspeicher für Energie von etwa 1 kWh bis 1 GWh eignen sich sogenannte Flow-Batterien, da diese durch ihre flexible und sichere Handhabung auch in Gebäuden zur Eigennutzung der aus erneuerbaren Quellen gewonnenen elektrischen Energie integriert werden können. Nachteilig ist hierbei ihr deutlich geringerer Wirkungsgrad im Vergleich zu Lithium-Ionen-Batterien als derzeitige Leittechnologie im Bereich der elektrischen Energiespeicher.

[0004] Die Nutzung der Verlustwärme von großen stationären Batteriesystemen, im Besonderen von Flow-Batterien wegen ihres schlechteren Wirkungsgrades, hat somit Potential, deren Energieeffizienz und gleichzeitig auch deren Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen. Während aber im Bereich der Stromproduktion in den letzten Jahrzehnten der Anteil erneuerbarer Energien stark angestiegen ist und nun bereits etwa die Hälfte der Jahresenergiemenge in Deutschland ausmacht, ist im Bereich der Nutzung von Wärmeenergie der Anteil aus erneuerbaren Energien deutlich geringer, so dass hier aus Klimaschutz und geopolitischen Gründen großer Handlungsbedarf besteht.

[0005] JP 2012-35 812 A beschreibt eine Klimaanlage für ein Fahrzeug mit einem Kühlkreislauf und einem Gerätekühlkreislauf, die den Stromverbrauch des Kühlkreislaufs reduzieren kann.

[0006] DE 10 2015 225 650 A1 beschreibt ein Verfahren zum Temperieren eines Energiesystems mit mindestens einem Batteriemodul und mindestens einem Brennstoffzellenmodul, wobei das Brennstoffzellenmodul einen ersten Temperierkreislauf und einen zweiten Temperierkreislauf umfasst.

[0007] DE 10 2009 019 607 A1 beschreibt ein Fahrzeug mit einem Fahrgastraum, einem Energiespeicher zur Versorgung elektrisch betriebener Komponenten des Fahrzeugs und einer elektrisch betriebenen Einrichtung zur Klimatisierung des Fahrgastraums.

[0008] DE 10 2014 212 833 A1 beschreibt ein Verfahren zur Kühlung einer Batterie, bei dem wenigstens eine Elektrolytflüssigkeit der Batterie zur Kühlung zu einem Wärmeübertrager geleitet wird, eine Abwärme der Elektrolytflüssigkeit über den Wärmeübertrager an eine Wärmesenke übertragen wird und bei dem eine Temperatur der Wärmesenke ermittelt wird.

[0009] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Energiespeichersysteme und Verfahren zur Speicherung von Energie bereitzustellen, welche insbesondere aus erneuerbaren Energieträgern erzeugte Energie effizient speichern und einsetzen.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der nebengeordneten Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0011] Ein Aspekt zur Lösung der Aufgabe betrifft ein thermisches Koppelmodul zur Wärmeübertragung zwischen mindestens einem elektrischen Energiespeicher und mindestens einem Wärmeabnehmer, wobei das thermische Koppelmodul umfasst:

mindestens einen Energiespeicher-Wärmetauscher, welcher zur Wärmeübertragung zwischen dem elektrischen Energiespeicher und einem Wärmetransportmedium ausgelegt ist, wobei der Energiespeicher-Wärmetauscher einen Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang und einen Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang für das Wärmetransportmedium aufweist;

mindestens einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher, welcher zur Wärmeübertragung zwischen dem Wärmeabnehmer und dem Wärmetransportmedium ausgelegt ist, wobei der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang und

einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang für das Wärmetransportmedium aufweist;

eine erste Fluidleitung für das Wärmetransportmedium zur Fluidverbindung des Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgangs mit dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang;

ein in der ersten Fluidleitung angeordnetes, steuerbares Wärmeabnehmer-Abtrennventil zur Steuerung eines Volumenstroms des Wärmetransportmediums durch das Wärmeabnehmer-Abtrennventil;

eine zweite Fluidleitung für das Wärmetransportmedium zur Fluidverbindung des Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgangs mit dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang;

ein in der zweiten Fluidleitung angeordnetes, steuerbares Energiespeicher-Abtrennventil zur Steuerung eines Volumenstroms des Wärmetransportmediums durch das Energiespeicher-Abtrennventil;

mindestens eine Wärmequelle zur Einspeisung von Wärmeenergie in das Wärmetransportmedium zwischen dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang und dem Wärmeabnehmer-Abtrennventil in der ersten Fluidleitung;

eine dritte Fluidverbindung für das Wärmetransportmedium zur Fluidverbindung des Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgangs mit einem Wärmequellen-stromabwärtigen Leitungsabschnitt der ersten Fluidleitung zwischen der Wärmequelle und dem Wärmeabnehmer-Abtrennventil;

ein in der dritten Fluidleitung angeordnetes, steuerbares Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil zur Steuerung eines Volumenstroms des Wärmetransportmediums durch das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil;

eine vierte Fluidverbindung für das Wärmetransportmedium zur Fluidverbindung des Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang mit einem Wärmequellen-stromaufwärtigen Leitungsabschnitt der ersten Fluidleitung zwischen dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang und der Wärmequelle;

ein in der vierten Fluidleitung angeordnetes, steuerbares Energiespeicher-Bypass-Ventil zur Steuerung eines Volumenstroms des Wärmetransportmediums durch das Energiespeicher-Bypass-Ventil; und

eine Regelungseinheit zur Steuerung bzw. Regelung der Einspeisung von Wärmeenergie durch die Wärmequelle und zur Steuerung bzw. Regelung der Wärmeübertragung zwischen dem elektrischen Energiespeicher und dem Wärmeabnehmer durch Steuerung bzw.

Regelung des Volumenstroms des Wärmetransportmediums durch das Wärmeabnehmer-Abtrennventil, das Energiespeicher-Abtrennventil, das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil und das Energiespeicher-Bypass-Ventil.

[0012] Ein technischer Vorteil des thermischen Koppelmoduls liegt in einer Sektorenkopplung von Energiesystemen verschiedener Energieformen, insbesondere von elektrischer Energie und Wärmeenergie, zur flexiblen Umwandlung zwischen elektrischer Energie und Wärme, um zwei voneinander getrennte Energiesysteme miteinander zu koppeln. Hierbei wird das (elektrische) Speichermedium eines elektrischen Energiespeichers zusätzlich als Wärmespeichermedium für einen Wärmeenergie-Zwischenspeicher genutzt, um bei erhöhter Energiegewinnung insbesondere aus erneuerbaren Energieträgern weitere Energie neben der elektrischen Energie zu speichern und in Zeiten niedriger Energiegewinnung wieder Wärmeenergie freizusetzen und diese Energie in einem angekoppelten Wärme-Energiesystem zu verwenden. Auf diese Weise wird zudem der Wirkungsgrad des elektrischen Energiespeichers durch die Nutzung von Verlustleistung des elektrischen Energiespeichers bei elektrischem Betrieb erhöht.

[0013] Insbesondere eignet sich ein solches thermisches Koppelmodul in besonderer Weise für Gebäude mit Photovoltaik- und/oder Windenergieanlagen, um einen größeren Anteil an Energie für den Eigenbedarf aus einer solchen Sektorenkopplung zu decken und somit auch die Stromnetze in einem größeren Maße zu entlasten. Auch der Einsatz in Kombination mit großen Erzeugungsanlagen aus erneuerbaren Energien mit Speicher und eine Einspeisung der Wärmeenergie ins Fernwärmenetz ist hier denkbar. Durch das beschriebene thermische Koppelmodul wird die Wärmeeinspeisung, Wärmespeicherung und Wärmerückgewinnung an einem großen Stromspeicher erst ökonomisch und ökologisch attraktiv. Entscheidend ist hierbei die Kopplung dieser drei Fähigkeiten in einer technischen Lösung.

[0014] Eine ausschließliche Nutzung eines Wärmekreislaufs für die Wärmerückgewinnung eines elektrischen Energiespeichers, insbesondere eines Batteriesystems, wie beispielsweise eine Vanadium-Redox-Flow-Batterie, könnte in vielen Fällen die Installation eines Wärmerückgewinnungssystems ökonomisch nicht rechtfertigen. In vielen dezentralen Speichereinrichtungen wäre die Menge an eingesparter Wärme nicht ausreichend, um die Investitions- und Betriebskosten zu übertreffen. Wird dem Wärmübertragungssystem dagegen eine zusätzliche Wärmequelle hinzugefügt, mit der ein temporärer Energieüberschuss als Wärme im Batteriesystem gespeichert und/oder auch direkt nutzbar ist, erhöhen sich die Einsparpotentiale enorm. Das liegt

darin begründet, dass in der Folge weniger Wärmeenergie extern hinzugekauft oder selbst produziert werden muss.

[0015] Das thermische Koppelmodul bildet dabei einen geschlossenen Kreislauf für das Wärmetransportmedium innerhalb eines verzweigten hydraulischen Systems umfassend die Fluidleitungen, den mindestens einen Energiespeicher-Wärmetauscher und den mindestens einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher. Hierbei kann sowohl ein flüssiges als auch ein gasförmiges Wärmetransportmedium im thermischen Koppelmodul eingesetzt werden. Das Wärmetransportmedium wird dabei passiv durch Temperaturgradienten innerhalb des geschlossenen Kreislaufs und/oder aktiv durch den Einsatz mindestens einer Wärmetransportmedium-Pumpe in einer vorgegebenen Kreislaufrichtung durch das verzweigte hydraulische System transportiert. Insbesondere werden der Energiespeicher-Wärmetauscher und der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher von dem Wärmetransportmedium in Richtung von dem jeweiligen Eingang zu dem jeweiligen Ausgang durchströmt. Auf diese Weise kann das thermische Koppelmodul auch Wärmeenergie über größere Strecken, beispielsweise innerhalb eines Gebäudes, transportieren und der elektrische Energiespeicher kann räumlich entfernt von dem Wärmeabnehmer installiert sein.

[0016] Der elektrische Energiespeicher kann dabei als ein einziger, großer elektrischer Energiespeicher ausgelegt sein oder auch mehrere kleinere Energiespeicher umfassen. Ebenso kann der Wärmeabnehmer ein großer Wärmeabnehmer sein, der die gesamte Wärmeenergie aus dem thermischen Koppelmodul bezieht, oder es können mehrere kleine Wärmeabnehmer Teilmengen der Wärmeenergie aufnehmen. Auf diese Weise wird die Flexibilität für einen Einsatz des thermischen Koppelmodus weiter erhöht.

[0017] Der Energiespeicher-Wärmetauscher und der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher sind Vorrichtungen, die Wärmeenergie von einem Wärmetransportmedium bzw. Stoffstrom auf einen anderen übertragen. Insbesondere wird Wärmeenergie vom Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers über den Energiespeicher-Wärmetauscher auf das Wärmetransportmedium des thermischen Koppelmoduls übertragen und die über das verzweigte hydraulische System zum Wärmeabnehmer-Wärmetauscher transportierte Wärmeenergie wird vom Wärmetransportmedium über den Wärmeabnehmer-Wärmetauscher auf ein Wärmemedium des Wärmeabnehmers übertragen. Hierbei ist das Wärmemedium der Teil des Wärmeabnehmers, welchem Wärmeenergie zugeführt werden soll. Das Wärmemedium kann ein fluides und/oder festes Medium sein, welches entweder wie bei einem

Warmwasserspeicher verbraucht und durch einen Zufluss und Abfluss im Wärmeabnehmer zu- und abgeführt wird, oder welches stationär im Wärmeabnehmer verbleibt.

[0018] Das Wärmeabnehmer-Abtrennventil kann bei einem thermischen Koppelmodul mit einer Mehrzahl von Wärmeabnehmer-Wärmetauschern zur Übertragung von Wärme auf die Wärmespeichermedien einer Mehrzahl von Wärmeabnehmern als ein Mehrwege-Ventil ausgeführt sein, welches die erste Fluidleitung mit den Eingängen der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher verbindet oder als eine Mehrzahl von Einzelventilen, welche jeweils die erste Fluidleitung mit dem Eingang eines Wärmeabnehmer-Wärmetauschers verbindet. Ebenso kann das Energiespeicher-Abtrennventil bei einem thermischen Koppelmodul mit einer Mehrzahl von Energiespeicher-Wärmetauschern als ein Mehrwege-Ventil ausgeführt sein, welches die zweite Fluidleitung mit den Eingängen der Energiespeicher-Wärmetauscher verbindet oder als eine Mehrzahl von Einzelventilen, welche jeweils die zweite Fluidleitung mit dem Eingang eines Energiespeicher-Wärmetauschers verbindet.

[0019] Die Wärmequelle des thermischen Koppelmoduls ist ausgelegt, externe elektrische oder thermische Überschussleistung, vorzugsweise aus erneuerbaren Energien, als Wärme in das System einzuspeisen. Dies kann in bestimmten Fällen Prozesswärme oder Solarthermie sein, aber auch Abwasser- oder Abluftwärmerückgewinnung ist ein Beispiel für eine Wärmeeinspeisung aus einer externen Wärmequelle. Es kann aber aus volkswirtschaftlicher Sicht auch sinnvoll sein, externe Überschussleistung aus dem öffentlichen, elektrischen Netz zu beziehen, falls dort durch zu viel Einspeisung eine Überlastung des elektrischen Netzes droht. Außerdem kann es aus betriebswirtschaftlicher Sicht sinnvoll sein, das Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers und/oder das Wärmetransportmedium im thermischen Koppelmodul und/oder das Wärmemedium des Wärmeabnehmers mit Wärme aus extern zugekaufter elektrischer Energie aufzuladen, wenn elektrische Energie besonders günstig bei Strombörsen verfügbar ist.

[0020] In den meisten Fällen handelt es sich bei der Einspeisung zusätzlicher externer Energie über die Wärmequelle um eine geeignete Wandlung von elektrischer Leistung in thermische Leistung. Hierbei kann die Wärmequelle insbesondere als ein Heizstab ausgeführt sein, der besonders kostengünstig hohe thermische Leistungen in das System einbringt oder alternativ eine Wärmepumpe, welche im Vergleich zum Heizstab effizienter arbeiten kann. Bei gleicher Eingangsstrommenge kann dadurch mehr als die doppelte Menge an thermischer Leistung ein-

speist werden. Alternativ ist auch ein Durchlauferhitzer einsetzbar.

[0021] Das Wärmetransportmedium ist ein Fluid und kann sowohl flüssig oder gasförmig ausgeführt sein. Dabei wird im verzweigten hydraulischen System des thermischen Koppelmodus vorzugsweise ein flüssiges Wärmetransportmedium, insbesondere Wasser, eingesetzt, da dadurch lokale Druckunterschiede im hydraulischen System leichter vermieden werden. Wasser als Wärmetransportmedium hat zudem den Vorteil, umweltverträglich und/oder nicht toxisch zu sein, eine hohe spezifische Wärmekapazität aufzuweisen und kostengünstig verfügbar zu sein.

[0022] Bei der Regelung der Einspeisung von Wärmeenergie durch die Wärmequelle und/oder über den Energiespeicher-Wärmetauscher steuert und/oder regelt die Regelungseinheit insbesondere den Volumenstrom des Wärmetransportmediums innerhalb des verzweigten hydraulischen Systems des thermischen Koppelmoduls über die Regelung der Volumenströme durch das Wärmeabnehmer-Abtrennventil, das Energiespeicher-Abtrennventil, das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil und das Energiespeicher-Bypass-Ventil und damit auch die Verteilung der eingespeisten Energiemengen. Die jeweiligen Ventile können dabei ausgelegt sein, ohne Rückkoppelung durch Auswertung von Sensorsignalen durch die Regelungseinheit durch Steuerungssignale gesteuert zu werden oder auf Basis einer Auswertung von Sensorsignalen durch die Regelungseinheit durch Regelungssignale gesteuert zu werden. Die Steuerung und/oder Regelung an den Ventilen erfolgt dabei durch das teilweise oder vollständige Öffnen und/oder Schließen der jeweiligen Ventile auf Basis der Steuerungs- und/oder Regelungssignale.

Erfindungsgemäß umfasst das thermische Koppelmodul zusätzlich:

einen Einspeiseüberschuss-Informationsgeber, welcher ausgelegt ist, eine Verfügbarkeit und vorzugsweise einen Betrag einer einspeisbaren Überschussleistung zu ermitteln und an die Regelungseinheit als Überschussleistung-Verfügbarkeitsinformation und Überschussleistung-Betragsinformation auszugeben, wobei die einspeisbare Überschussleistung an die Wärmequelle zur Erwärmung des Wärmetransportmediums zuführbar ist, wobei der Überschussleistung-Informationsgeber ausgelegt ist, die Überschussleistung-Verfügbarkeitsinformation und die Überschussleistung-Betragsinformation an die Regelungseinheit auszugeben, wenn

- die einspeisbare Überschussleistung eine Überschussleistung aus erneuerbaren Energien ist; und/oder

- die einspeisbare Überschussleistung eine thermische Überschussleistung ist, welche einer externen Wärmequelle entnehmbar ist; und/oder

- die einspeisbare Überschussleistung eine elektrische Überschussleistung ist, welche zur Verringerung einer Netzüberlastung einem externen Stromnetz entnehmbar ist; und/oder

- die einspeisbare Überschussleistung eine elektrische Überschussleistung ist, welchem einem Stromnetz zu einem Stromentnahmepreis pro Zeiteinheit entnehmbar ist, welcher unter einem Schwellwertentnahmepreis pro Zeiteinheit liegt; und/oder

einen Energiespeicher-Sensor zur Ermittlung eines Betriebszustandes des elektrischen Energiespeichers, insbesondere einer Temperatur eines Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers; und/oder

einen Wärmeabnehmer-Sensor zur Ermittlung einer Temperatur T_{WA} eines Wärmemediums des Wärmeabnehmers; und/oder

einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensor zur Ermittlung eines Betriebszustandes des Wärmetransportmediums an dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang, wobei der Betriebszustand des Wärmetransportmediums eine Temperatur T_{WA-EIN} des Wärmetransportmediums an dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang beinhaltet; und/oder

einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor zur Ermittlung eines Betriebszustandes des Wärmetransportmediums an dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang, wobei der Betriebszustand des Wärmetransportmediums eine Temperatur T_{WA-AUS} des Wärmetransportmediums an dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang beinhaltet; und/oder

einen Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensor zur Ermittlung eines Betriebszustandes des Wärmetransportmediums an dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang, wobei der Betriebszustand des Wärmetransportmediums eine Temperatur T_{ES-EIN} des Wärmetransportmediums an dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang beinhaltet; und/oder

einen Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor zur Ermittlung eines Betriebszustandes des Wärmetransportmediums an dem Energiespeicher - Wärmetauscher-Ausgang, wobei der Betriebszustand des Wärmetransportmediums eine Temperatur T_{ES-AUS} des Wärmetransportmediums an dem Energiespei-

cher-Wärmetauscher-Ausgang beinhaltet; und/oder

einen Wärmequellen-Eingang-Sensor zur Ermittlung eines Betriebszustandes des Wärmetransportmediums an einer ersten Sensorposition in der ersten Fluidleitung, wobei der Betriebszustand des Wärmetransportmediums eine Temperatur T_{WQ-EIN} des Wärmetransportmediums an der ersten Sensorposition beinhaltet, wobei die erste Sensorposition stromaufwärtig der Wärmequelle und stromabwärtig eines ersten Fluidleitungsverbindungspunkts einer Verbindung der ersten Fluidleitung mit der vierten Fluidleitung liegt; und/oder

einen Wärmequellen-Ausgang-Sensor zur Ermittlung eines Betriebszustandes des Wärmetransportmediums an einer zweiten Sensorposition in der ersten Fluidleitung, wobei der Betriebszustand des Wärmetransportmediums eine Temperatur T_{WQ-AUS} des Wärmetransportmediums an der zweiten Sensorposition beinhaltet, wobei die zweite Sensorposition stromabwärtig der Wärmequelle und stromaufwärtig eines zweiten Fluidleitungsverbindungspunkts einer Verbindung der ersten Fluidleitung mit der dritten Fluidleitung liegt; und/oder

einen Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor zur Ermittlung eines Betrags eines Wärmebedarfs des Wärmeabnehmers, wobei der Wärmebedarf eine Wärmeübertragungsleistung ist, die dem Wärmetransportmedium von dem Wärmeabnehmer über den Wärmeabnehmer-Wärmetauscher entzogen wird;

wobei der Energiespeicher-Sensor, der Wärmeabnehmer-Sensor, der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensor, der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor, der Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensor, der Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor, der Wärmequellen-Eingang-Sensor, der Wärmequellen-Ausgang-Sensor und der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor jeweils ausgelegt sind, Messwerte des Betriebszustands zu ermitteln und zugeordnete jeweilige Messsignale als Eingangssignale für die Regelungseinheit bereitzustellen.

[0023] Der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber kann aus externen Informationsquellen eine Verfügbarkeit von Überschussleistung aus externen Energiequellen ermitteln, welche bei Nutzung dieser externen Überschussleistung am thermischen Koppelmodul einen ökologischer und/oder ökonomischer Vorteil für den Betreiber des thermischen Koppelmoduls bewirkt. Die Nutzung externer Überschussleistung aus einem Stromnetz am thermischen Koppelmodul kann auch zur Sicherung des Stromnetzes dienen, wenn bei einer Überlastung des Stromnetzes

gezielt elektrische Energie entnommen und damit ein volkswirtschaftlicher Nutzen erzielt wird. Insbesondere können als externe Energiequellen Produktionsanlagen von elektrischer und/oder thermischer Energie aus erneuerbaren Energien dienen. Nutzbare externe Überschussleistung kann dabei auch aus der Nutzung von Abwärme aus einer Kraft-Wärme-Kopplung stammen, insbesondere aus Industrieanlagen, Fernwärme, thermischer Energie aus Solarthermie oder anderer externen Wärmequellen.

[0024] Zudem kann es für den Betreiber des thermischen Koppelmoduls ökonomisch sinnvoll sein, besonders preisgünstige elektrische Leistung aus dem Stromnetz zu beziehen, wenn der Stromentnahmepreis pro Zeiteinheit einen Schwellwertentnahmepreis pro Zeiteinheit unterschreiten. Dabei kann der Schwellwertentnahmepreis pro Zeiteinheit ein vorgegebener Schwellwert oder ein dynamisch ermittelter Schwellwert sein.

[0025] Als externe Informationsquelle kann für den Einspeiseüberschuss-Informationsgeber ein übergeordnetes Energiemanagementsystem und/oder Sensoren zur Messung eines Betriebszustandes an den externen Energiequellen konfiguriert sein. Der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber kann zusätzlich auch Verfügbarkeitsinformationen aus einem übergeordneten Datennetzwerk wie beispielsweise dem Internet beziehen und diese Informationen auswerten.

[0026] Der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber ermittelt im einfachsten Fall aus den empfangenen Informationen und/oder Sensordaten, ob der Wärmequelle des thermischen Koppelmoduls einspeisbare Überschussleistung zur Verfügung steht. Dabei generiert der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber ein binäres Ausgangssignal als Überschussleistung-Verfügbarkeitsinformation, welches als Eingangssignal für die Regelungseinheit konfiguriert ist. Vorzugsweise ermittelt der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber auch einen Betrag einer einspeisbaren Überschussleistung und generiert zusätzlich ein Ausgangssignal mit einer Überschussleistung-Betragsinformation, welches als Eingangssignal für die Regelungseinheit konfiguriert ist. Auf Basis der Überschussleistung-Verfügbarkeitsinformation und vorzugsweise auch auf Basis der Überschussleistung-Betragsinformation steuert und/oder regelt die Regelungseinheit einen Zufluss von elektrischer und/oder thermischer Überschussleistung aus mindestens einer der externen Energiequellen an die Wärmequelle und steuert und/oder regelt an der Wärmequelle die Übertragung der Überschussleistung auf das Wärmetransportmedium zu dessen Erwärmung.

[0027] Bei der Ermittlung des Betriebszustandes des elektrischen Energiespeichers und/oder des Wärmeabnehmers können neben einer Temperaturmessung des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers und/oder des Wärmemediums des Wärmeabnehmers auch zusätzliche regelungsrelevante physikalische Größen am elektrischen Energiespeicher durch den Energiespeicher-Sensor und/oder am Wärmeabnehmer durch den Wärmeabnehmer-Sensor ermittelt und an die Regelungseinheit weitergegeben werden.

[0028] Der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor ist ausgelegt, einen Betrag eines Wärmebedarfs am Wärmeabnehmer zu ermitteln. Hierbei kann der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor zunächst eine Solltemperatur von einem externen Informationsgeber erhalten, auf die das Wärmemedium des Wärmeabnehmers gehalten oder erwärmt werden soll. Anhand der Solltemperatur, der Ist-Temperatur vom Wärmeabnehmer-Sensor und der Auslegung des Wärmemediums, wie beispielsweise dessen Volumen bzw. Volumenstrom, Gewicht und/oder spezifischen Wärmekapazität, kann der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor dann den Betrag des Wärmebedarfs am Wärmeabnehmer ermitteln und an die Regelungseinheit weiterleiten.

[0029] Die Regelungseinheit ist ausgelegt, auf Basis der Ausgangssignale des Einspeiseüberschuss-Informationsgebers, Energiespeicher-Sensors, Wärmeabnehmer-Sensors und/oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor zu ermitteln, ob und in welcher Menge Wärmeenergie von der Wärmequelle in das Wärmetransportmedium eingespeist wird. Die gesteuerte und/oder geregelte Einspeisung der jeweiligen Wärmeenergiemengen erfolgt durch von der Regelungseinheit generierten Steuerungs- und/oder Regelungssignalen zur Aktivierung oder Deaktivierung der Wärmequelle und/oder zur teilweisen und/oder vollständigen Öffnung und/oder Schließung des Wärmeabnehmer-Abtrennventils, des Energiespeicher-Abtrennventils, des Wärmeabnehmer-Bypass-Ventils und des Energiespeicher-Bypass-Ventils. Die Regelungseinheit kann zusätzlich auch Steuerungs- und/oder Regelungssignale für eine Wärmetransportmedium-Pumpe generieren, um den Volumenstrom durch die Pumpe zu steuern und/oder zu regeln.

[0030] Der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensor, der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor, der Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensor, der Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor, der Wärmequellen-Eingang-Sensor und der Wärmequellen-Ausgang-Sensor sind dazu ausgelegt, jeweils an den Eingängen und Ausgängen des Energiespeicher-Wärmetauschers, des Wärmeabnehmer-Wärmetauschers und der Wärmequelle den Betriebszustand

und insbesondere die Temperatur des Wärmetransportmediums zu ermitteln. Dabei erfolgt die Messung des Betriebszustandes des Wärmetransportmediums vorzugsweise direkt am jeweiligen Eingang oder Ausgang des jeweiligen Wärmetauschers oder der Wärmequelle, oder in deren unmittelbaren Umgebung in den stromaufwärtigen oder stromabwärtigen Fluidleitungen. Die Messung des Betriebszustandes des Wärmetransportmediums kann für den Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensor auch zwischen dem zweiten Fluidleitungsverbindungspunkt der Verbindung der ersten Fluidleitung mit der dritten Fluidleitung und dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang liegen, für den Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor zwischen dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang und einem Fluidleitungsverbindungspunkt der Verbindung der zweiten Fluidleitung mit der dritten Fluidleitung, für den Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensor zwischen einem Fluidleitungsverbindungspunkt der Verbindung der zweiten Fluidleitung mit der vierten Fluidleitung und dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang, für den Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor zwischen dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang und dem ersten Fluidleitungsverbindungspunkt der Verbindung der ersten Fluidleitung mit der vierten Fluidleitung, für den Wärmequellen-Eingang-Sensor zwischen dem ersten Fluidleitungsverbindungspunkt und der Wärmequelle und für den Wärmequellen-Ausgang-Sensor zwischen Wärmequelle und zweitem Fluidleitungsverbindungspunkt.

[0031] Um nach der initialen Einspeisung von Wärme in das Wärmetransportmedium eine Rückmeldung an die Regelungseinheit über die aktuelle Verteilung der Wärme im verzweigten hydraulischen System des thermischen Koppelmoduls zu erhalten, kann der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensor, der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor, der Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensor, der Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor, der Wärmequellen-Eingang-Sensor und/oder der Wärmequellen-Ausgang-Sensor den aktuellen Betriebszustand des Wärmetransportmediums an den jeweiligen Positionen der Sensoren ermitteln. Zur Bestimmung des Betriebszustandes des Wärmetransportmediums an den jeweiligen Sensoren kann beispielsweise auch Volumenstrom, Druck, elektrische Leitfähigkeit und/oder pH-Wert gemessen werden. Aufgrund der Rückmeldungen der Sensoren, regelt die Regelungseinheit dann die Einspeisung von Wärme kontinuierlich weiter, um die Einspeisung möglichst nahe an einem gewünschten Einspeisungsverlauf anzupassen. Insbesondere kann die Regelungseinheit anhand des Betriebszustandes des Wärmetransportmediums an den Sensoren ermitteln, ob der elektrische Energiespeicher, der Wärmeabnehmer, das verzweigte hydraulische System des thermischen

Koppelmoduls und/oder das Wärmetransportmedium durch die Wärmezufuhr aus der Wärmequelle überlastet wird. Bei einer ermittelten Überlastung ist die Regelung ausgelegt, die Wärmezufuhr über die Wärmequelle umgehend abzuschalten. Vorzugsweise wird zur Kontrolle des Betriebszustandes des gesamten thermischen Koppelmoduls, die Temperatur des Wärmetransportmediums am Wärmequellen-Ausgang-Sensor durch die Regelungseinheit überwacht, beim Erreichen einer voreingestellten zulässigen Maximaltemperatur die Wärmezufuhr gedrosselt und bei einem Überschreiten der voreingestellten zulässigen Maximaltemperatur die Wärmezufuhr über die Wärmequelle abgeschaltet. Zusätzlich kann bei Überschreitung der zulässigen Maximaltemperatur im Wärmetransportmedium die Regelungseinheit den elektrischen Energiespeicher und/oder den Wärmeabnehmer durch die jeweiligen Abtrennventile vom weiteren Zufluss des Wärmetransportmediums abtrennen und der Fluss des Wärmetransportmediums kann durch Öffnen der Bypass-Ventile vorzugsweise über die dritte und/oder vierte Fluidleitung umgeleitet werden.

[0032] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des thermischen Koppelmoduls ist die Regelungseinheit konfiguriert, das thermische Koppelmodul in mindestens vier Betriebsmodi zu regeln; wobei in einem ersten Betriebsmodus das Wärmeabnehmer-Abtrennventil und das Energiespeicher-Abtrennventil zumindest teilweise geöffnet sind, sowie das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil und das Energiespeicher-Bypass-Ventil geschlossen sind, um Wärmeenergie von dem elektrischen Energiespeicher und/oder der Wärmequelle zu dem Wärmeabnehmer zu übertragen; wobei in einem zweiten Betriebsmodus das Wärmeabnehmer-Abtrennventil und das Energiespeicher-Abtrennventil zumindest teilweise geöffnet sind, sowie das Energiespeicher-Bypass-Ventil geschlossen ist, und das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil entweder geschlossen oder zumindest teilweise geöffnet ist, um Wärmeenergie von der Wärmequelle zu dem Wärmeabnehmer und zu dem elektrischen Energiespeicher zu übertragen; wobei in einem dritten Betriebsmodus das Energiespeicher-Abtrennventil und das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil zumindest teilweise geöffnet sind, sowie das Wärmeabnehmer-Abtrennventil und das Energiespeicher-Bypass-Ventil geschlossen sind, um Wärmeenergie von der Wärmequelle zu dem elektrischen Energiespeicher zu übertragen; und wobei in einem vierten Betriebsmodus das Wärmeabnehmer-Abtrennventil und das Energiespeicher-Bypass-Ventil zumindest teilweise geöffnet sind, sowie das Energiespeicher-Abtrennventil und das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil geschlossen sind, um Wärmeenergie von der Wärmequelle zu dem Wärmeabnehmer zu übertragen.

[0033] Das thermische Koppelmodul wird basierend auf den hydraulischen Verschaltungen der Wärmetauscher, Fluidverbindungen, Ventilen und der optional eingesetzten Sensoren und Pumpen durch die Regelungseinheit in mindestens vier Betriebsmodi betrieben. Hierbei ist die Regelungseinheit vorzugsweise ausgelegt, das thermische Kopplungsmodul innerhalb des jeweils aktiven Betriebsmodus und ohne einen Betriebsmodus-Übergang zu steuern und/oder zu regeln, solange vordefinierte Randbedingungen des Betriebsmodus eingehalten werden. Dies geschieht durch Generierung entsprechender Regelungssignale durch die Regelungseinheit, um die Einspeisungsmenge von Wärmeenergie durch die Wärmequelle und um die Öffnungszustände des Wärmeabnehmer-Abtrennventils, des Energiespeicher-Abtrennventils, des Wärmeabnehmer-Bypass-Ventils und des Energiespeicher-Bypass-Ventils für die Regelung des Volumenstroms des Wärmetransportmediums zu steuern und/oder zu regeln. Auf diese Weise kann ein stabiler Wärmeenergiefluss innerhalb des thermischen Koppelmoduls für jeden Betriebsmodus erreicht werden.

[0034] In dem ersten Betriebsmodus regelt die Regelungseinheit das thermische Koppelmodul derart, dass das Wärmeabnehmer-Abtrennventil und das Energiespeicher-Abtrennventil zumindest teilweise geöffnet, sowie das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil und das Energiespeicher-Bypass-Ventil geschlossen sind. Auf diese Weise entsteht ein Wärmekreislauf im verzweigten hydraulischen System und Wärme wird dem Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers über den Energiespeicher-Wärmetauscher entnommen und am Wärmeabnehmer-Wärmetauscher auf das Wärmemedium des Wärmeabnehmers übertragen. Zusätzlich kann dem Wärmetransportmedium noch Wärmeenergie über die Wärmequelle hinzugefügt werden. Dabei kühlt sich das Wärmetransportmedium im Kreislauf am Wärmeabnehmer-Wärmetauscher ab und wird im Energiespeicher-Wärmetauscher wieder aufgewärmt. Kurz umschrieben bewirkt der erste Betriebsmodus ein Kühlen und/oder thermisches Entladen des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers und ein Aufheizen und/oder thermisches Aufladen des Wärmemediums des Wärmeabnehmers.

[0035] In einem abgewandelten ersten Betriebsmodus, der auch als ein zusätzlicher Betriebsmodus ausgestaltet sein kann, regelt die Regelungseinheit das thermische Koppelmodul derart, dass alternativ das Energiespeicher-Bypass-Ventil nicht vollständig geschlossen ist, sondern zumindest teilweise geöffnet. Dies entlastet durch den geringeren Volumenstrom und damit auch einen geringeren Druck im Energiespeicher-Wärmetauscher den elektrischen Energiespeicher und eignet sich insbesondere bei

einem geringen Bedarf an zusätzlicher Wärmeenergie am Wärmeabnehmer.

[0036] Der Betrieb in dem ersten Betriebsmodus ist so lange möglich, wie die Temperatur des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (vorzugsweise geringfügig) über der Temperatur des vom Wärmeabnehmer-Wärmetauschers zurückgeführten Wärmetransportmediums liegt. Alternativ oder zusätzlich kann der elektrische Betrieb des elektrischen Energiespeichers für Abwärme sorgen und damit den Prozess der thermischen Entladung der elektrischen Energiespeichers verlängern. Dieser Prozess wird als Wärme-Rekupe-ration bezeichnet. Außerdem ist es im ersten Betriebsmodus möglich, gleichzeitig zur thermischen Entladung am elektrischen Energiespeicher auch zusätzlich thermische Energie über die Wärmequelle einzubringen. Dies kann geschehen, um eine Leistungs-differenz zwischen Nachfrage an dem Wärmeabnehmer und aktueller geringerer verfügbarer Überschussleistung auszugleichen, so dass das Wärmemedium des Wärmeabnehmers vollständig gewärmt wird. In dem ersten Betriebsmodus kann somit vorzugsweise der Wärmebedarf eines Wärmeabnehmers aus der zur Verfügung stehenden Überschussleistung und die Leistungs-differenz durch die im elektrischen Energiespeicher gespeicherten Wärmeenergie gedeckt werden. Hierdurch wird der elektrische Energiespeicher thermisch entladen.

[0037] In dem zweiten Betriebsmodus regelt die Regelungseinheit das thermische Koppelmodul derart, dass das Wärmeabnehmer-Abtrennventil und das Energiespeicher-Abtrennventil zumindest teilweise geöffnet sind, sowie das Energiespeicher-Bypass-Ventil geschlossen ist, und das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil entweder geschlossen oder zumindest teilweise geöffnet ist. Auf diese Weise kann bei einem erhöhten Überschuss an Wärmeenergie an der Wärmequelle nicht nur die benötigte Wärmeleistung am Wärmeabnehmer gedeckt werden, sondern gleichzeitig kann das Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers thermisch aufgeladen werden. Der zweite Betriebsmodus erlaubt im Vergleich zu dem ersten Betriebsmodus eine gezielte Regelung der Temperatur des Wärmemediums des Wärmeabnehmers auf eine vordefinierte maximal erlaubte Temperatur, die meist schon bei 60 °C liegt und/oder ein Beibehalten dieser Temperatur. Zusätzlich kann eine über einen längeren Zeitraum verfügbaren Überschussleistung an der Wärmequelle, welche über die vom Wärmeabnehmer benötigten Wärmeleistung hinausgeht, zur thermischen Aufladung des elektrischen Energiespeichers genutzt werden.

[0038] Durch die Regelung des thermischen Koppelmoduls in dem zweiten Betriebsmodus trifft das nach dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher bei-

spielsweise auf 10 °C heruntergekühlte Wärmetransportmedium am Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang auf das durch das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil fließende und durch die Wärmequelle erhitze Wärmetransportmedium, welches beispielsweise 60 °C heiß sein kann. Hierbei kann beispielhaft bei einer stark vereinfachten Rechnung und einer 50:50 Aufteilung des Wärmetransportmediums am Wärmeabnehmer-Abtrennventil und am Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil ein Wärmetransportmedium mit einer Temperatur von ungefähr 35 °C am Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang erreicht werden, der zum thermischen Aufladen des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers genutzt wird. Soll bei diesem Beispiel die Einspeiseleistung der Wärmequelle erhöht werden und wäre 60 °C die erlaubte Maximaltemperatur des Wärmeabnehmers, so kann dies erfolgen über einen erhöhten Volumenstrom durch den Wärmeabnehmer-Bypass. Eine Regeleinheit regelt dabei passend zur Wärmeeinspeisung an der Wärmequelle das dazugehörigen Flussverhältnis von Wärmeabnehmer-Bypass und Wärmeabnehmer-Wärmetauscher, so dass die Wärmenachfrage am Wärmeabnehmer weder über noch unterschritten wird. Das steuer-und/oder regelbare Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil und das Wärmeabnehmer-Abtrennventil ließen sich auch in einem Verhältnis 0:100 betreiben. In diesem Fall geht der zweite Betriebsmodus hydraulisch betrachtet in den ersten Betriebsmodus über. Der Unterschied liegt dann darin, dass das Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers thermisch geladen wird anstelle einer thermischen Entladung im ersten Betriebsmodus.

[0039] In dem dritten Betriebsmodus regelt die Regelungseinheit das thermische Koppelmodul derart, dass das Energiespeicher-Abtrennventil und das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil zumindest teilweise geöffnet, sowie das Wärmeabnehmer-Abtrennventil und das Energiespeicher-Bypass-Ventil geschlossen sind. Auf diese Weise wird das Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers thermisch aufgeladen, während keine Wärmeübertragung auf das Wärmemedium des Wärmeabnehmers erfolgt, da der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher durch das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil überbrückt wird. Am Wärmeabnehmer-Wärmetauscher entstehen somit keine unnötigen Druckverluste und das Risiko einer ungewollten latenten Aufwärmung des Wärmemediums des Wärmeabnehmers wird minimiert. Der dritte Betriebsmodus wird somit eingesetzt, wenn kein Wärmebedarf am Wärmeabnehmer besteht und das Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers thermisch nicht voll aufgeladen ist.

[0040] Im vierten Betriebsmodus regelt die Regelungseinheit das thermische Koppelmodul derart, dass das Wärmeabnehmer-Abtrennventil und das Energiespeicher-Bypass-Ventil zumindest teilweise

geöffnet, sowie das Energiespeicher-Abtrennventil und das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil geschlossen sind. Auf diese Weise kann der Energiespeicher-Wärmetauscher durch das Energiespeicher-Bypass-Ventil überbrückt werden. Die Regelung in dem vierten Betriebsmodus kommt insbesondere bei einem bereits thermisch voll aufgeladenem Wärmespeichermedium und hoher Verfügbarkeit zusätzlicher Wärmeenergie aus der Wärmequelle oder bei der Durchführung von Wartungsarbeiten am elektrischen Energiespeicher zum Einsatz.

[0041] So kann in dem vierten Betriebsmodus trotz voll aufgeladenem elektrischen Energiespeicher oder Wartungsarbeiten das thermische Koppelmodul Überschussenergie an der Wärmequelle nutzen, um damit das Wärmemedium des Wärmeabnehmers aufzuwärmen.

[0042] Die hier beschriebenen vier Betriebsmodi sind nicht als abschließende Liste der steuer- und/oder regelbaren Betriebsmodi des thermischen Koppelmoduls zu verstehen, sondern bilden nur die Betriebsmodi ab, in denen das thermische Koppelmodul durch die Regelungseinheit hauptsächlich betreibbar ist. Zusätzliche Betriebsmodi zum Anfahren und Herunterfahren, für die Wartung einzelner Komponenten innerhalb des Koppelmoduls, für spezifische Störungsbehebungen und für bestimmte Optimierungen einzelner Betriebsmodi sind hierbei möglich.

[0043] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des thermischen Koppelmoduls ist die Regelungseinheit weiter konfiguriert, das thermische Koppelmodul in den mindestens vier Betriebsmodi zu regeln; wobei in dem ersten Betriebsmodus

- der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer einen Wärmebedarf größer null aufweist;
- eine erste Temperaturdifferenz ΔT_1 zwischen der Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers und der Temperatur T_{ES-EIN} des Wärmetransportmediums an dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang einen ersten Schwellwert T_{SW1} überschreitet, wobei der erste Schwellwert größer oder gleich null ist; und vorzugsweise
- der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle zuführbar ist;

wobei in dem zweiten Betriebsmodus

- der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer einen Wärmebedarf größer null aufweist;
- eine zweite Temperaturdifferenz ΔT_2 zwischen der Temperatur T_{ES-EIN} des Wärmetransportme-

diums an dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang und der Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers einen zweiten Schwellwert T_{SW2} größer null überschreitet; und vorzugsweise

- der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle zuführbar ist;

wobei in dem dritten Betriebsmodus

- der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer keinen Wärmebedarf aufweist;
- die zweite Temperaturdifferenz ΔT_2 den zweiten Schwellwert T_{SW2} größer null überschreitet; und
- der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle zuführbar ist;

wobei in dem vierten Betriebsmodus

- der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer einen Wärmebedarf größer null aufweist; und vorzugsweise
- der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle zuführbar ist.

[0044] Zum stabilen Betrieb des thermischen Koppelmoduls in einem der mindestens vier Betriebsmodi regelt die Regelungseinheit insbesondere die Einspeisung von Wärmeenergie durch die Wärmequelle und den Volumenstrom des Wärmetransportmediums durch das Wärmeabnehmer-Abtrennventil, das Energiespeicher-Abtrennventil, das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil und das Energiespeicher-Bypass-Ventil, damit eine Temperaturdifferenz zwischen Wärmespeichermedium und Wärmetransportmedium am Eingang des Energiespeicher-Wärmetauschers in einem vorbestimmten Temperaturfester beibehalten und/oder eine gewünschte Temperatur des Wärmemediums des Wärmeabnehmers erreicht oder beibehalten wird. Die vorzugsweise automatische Generierung der dazu benötigten Steuer- und/oder Regelungssignale durch die Regelungseinheit für die Wärmequelle und die Ventile basiert dabei auf der zeitnahen Auswertung der Sensorsignale des Einspeiseüberschuss-Informationsgebers, Energiespeicher-Sensors, Wärmeabnehmer-Sensors, Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensors, Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensors, Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensors, Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensors, Wärmequellen-Eingang-Sensors, der Wärmequellen-Ausgang-Sensors und/oder Wär-

meabnehmer-Wärmebedarf-Sensors, um die Wärmequelle, die Wärmetransportmedium-Pumpe und/oder die Ventile bei Bedarf nachzuregeln und/oder zu steuern. Insbesondere werden hierzu die jeweiligen Temperaturen an den jeweiligen Sensoren ausgewertet.

[0045] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des thermischen Koppelmoduls umfasst die Regelungseinheit eine Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit und die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit ist ausgelegt, um zwischen den mindestens vier Betriebsmodi des thermischen Koppelmoduls zu wechseln; und wobei, optional, der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber zusätzlich ausgelegt ist, eine Verfügbarkeit und vorzugsweise einen Betrag einer einspeisbaren Prognose-Überschussenergie aus einer einspeisbaren Prognose-Überschussleistung in einem in der Zukunft liegenden Prognosezeitraum zu ermitteln und an die Regelungseinheit als Prognose-Überschussenergie-Verfügbarkeitsinformation und Prognose-Überschussenergie-Betragsinformation auszugeben, wobei die einspeisbare Prognose-Überschussenergie in dem Prognosezeitraum an die Wärmequelle zur Erwärmung des Wärmetransportmediums zuführbar ist; und wobei, optional, das thermische Koppelmodul zusätzlich ein Wärmebedarfsenergie-Prognosemodul umfasst, welches ausgelegt ist, eine Prognose-Wärmebedarfsenergie aus einem Prognose-Wärmebedarf in dem in der Zukunft liegenden Prognosezeitraum zu ermitteln; wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit ausgelegt ist,

- vom zweiten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den ersten Betriebsmodus zu wechseln, wenn

- oder Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle zuführbar ist;

- oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer einen Wärmebedarf größer null aufweist;

- oder Wärmebedarf des Wärmeabnehmers größer oder gleich als der Betrag der einspeisbaren Überschussleistung ist, die von dem Einspeiseüberschuss-Informationsgeber ermittelt wird; und

- eine dritte Temperaturdifferenz ΔT_3 zwischen der Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers und der Temperatur T_{WA} des Wärmemediums des Wärmeabnehmers einen dritten Schwellwert T_{SW3} überschreitet; und

- die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers größer einer minimalen Temperatur T_{ES_min} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ist;

und/oder

- vom ersten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus zu wechseln, wenn in einer ersten Alternative

- oder Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle zuführbar ist;

- oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer einen Wärmebedarf größer null aufweist;

- oder Wärmebedarf des Wärmeabnehmers kleiner als der Betrag der einspeisbaren Überschussleistung ist, die von dem Einspeiseüberschuss-Informationsgeber ermittelt wird;

- die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers kleiner einer maximalen Temperatur T_{ES_max} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ist; und

- die zweite Temperaturdifferenz ΔT_2 den zweiten Schwellwert T_{SW2} größer null überschreitet;

und/oder

- vom ersten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus zu wechseln, wenn in einer zweiten Alternative

- die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers kleiner der minimalen Temperatur T_{ES_min} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ist;

- oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer einen Wärmebedarf größer null aufweist; und

- die zweite Temperaturdifferenz ΔT_2 den zweiten Schwellwert T_{SW2} größer null überschreitet;

und/oder

- vom ersten, zweiten oder vierten Betriebsmodus in den dritten Betriebsmodus zu wechseln, wenn in einer ersten Alternative

- oder Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle zuführbar ist;

○ oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer keinen Wärmebedarf aufweist; und

○ die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers kleiner als eine maximale Temperatur T_{ES_max} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ist;

und/oder

- vom ersten, zweiten oder vierten Betriebsmodus in den dritten Betriebsmodus zu wechseln, wenn in einer zweiten Alternative

○ die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers kleiner der minimalen Temperatur T_{ES_min} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ist; und

○ oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer keinen Wärmebedarf aufweist;

und/oder

- vom ersten, zweiten oder dritten Betriebsmodus in den vierten Betriebsmodus zu wechseln, wenn gemäß einem ersten Bedingungssatz

○ oder Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle zuführbar ist;

○ oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer einen Wärmebedarf größer null aufweist;

○ oder Wärmebedarf des Wärmeabnehmers größer als der Betrag der einspeisbaren Überschussleistung ist, die von dem Einspeiseüberschuss-Informationsgeber ermittelt wird; und

○ die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers größer oder gleich der minimalen Temperatur T_{ES_min} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ist;

und/oder

- vom ersten, zweiten oder dritten Betriebsmodus in den vierten Betriebsmodus zu wechseln, wenn gemäß einem zweiten Bedingungssatz

○ oder Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle zuführbar ist;

○ oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer einen Wärmebedarf größer null aufweist;

○ oder Wärmebedarf des Wärmeabnehmers kleiner als der Betrag der einspeisbaren Überschussleistung ist, die von dem Einspeiseüberschuss-Informationsgeber ermittelt wird; und

○ die Summe aus der in dem Prognosezeitraum einspeisbaren Prognose-Überschussenergie und einer nutzbaren Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers größer als die Prognose-Wärmebedarfsenergie in dem Prognosezeitraum ist, wobei die nutzbare Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers eine Wärmeenergie des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ist, die der Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers und der Temperatur T_{WA} des Wärmemediums des Wärmeabnehmers zugeordnet ist;

und/oder

- vom ersten, zweiten oder dritten Betriebsmodus in den vierten Betriebsmodus zu wechseln, wenn gemäß einem dritten Bedingungssatz

○ oder Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle zuführbar ist;

○ oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer einen Wärmebedarf größer null aufweist;

○ oder Wärmebedarf des Wärmeabnehmers kleiner als der Betrag der einspeisbaren Überschussleistung ist, die von dem Einspeiseüberschuss-Informationsgeber ermittelt wird;

○ die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers größer oder gleich als die maximale Temperatur T_{ES_max} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ist.

[0046] Bei Überschreitung von vordefinierten Betriebszuständen im elektrischen Energiespeicher und/oder im Wärmeabnehmer und/oder bei einer Änderung der Verfügbarkeit zur Einspeisung von Wärmeenergie an der Wärmequelle ist die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit als Teil der Regelungseinheit ausgelegt, um vorzugsweise automatisch Steuerungs- und/oder Regelungssignale zu generieren, die einen Übergang zwischen den mindestens vier Betriebsmodi ermöglichen. Diese Steuerungs- bzw. Regelungssignale basieren wieder aus der zeitnahen Auswertung der Sensorsignale des Einspeiseüberschuss-Informationsgebers, Energiespeicher-Sensors, Wärmeabnehmer-Sensors, Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensors, Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensors, Energiespeicher-Wärmetauscher-Ein-

gang-Sensors, Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensors, Wärmequellen-Eingang-Sensors, der Wärmequellen-Ausgang-Sensors und/oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensors und im Besonderen auf deren Temperaturmessungen und dem Vergleich zu vordefinierten Temperaturschwellwerten, bei deren Überschreitung ein Wechsel des Betriebsmodi ausgelöst werden kann. Die Steuerung und/oder Regelung für Übergänge zwischen den mindestens vier Betriebsmodi ist dabei ausgelegt, das thermische Koppelmodul, den elektrischen Energiespeicher und den Wärmeabnehmer vor thermischer Überlastung zu schützen und das thermische Koppelmodul überschussgeführt durch situationsbedingte Nutzung verfügbarer Überschussleistung möglichst effizient zu betreiben.

[0047] Vorzugsweise wird dabei in den ersten Betriebsmodus gewechselt, wenn Wärmebedarf am Wärmeabnehmer besteht, eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist und nutzbare Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers vorhanden ist. Hier kann es allerdings vorkommen, dass bei der überschussgeführten Regelung des thermischen Koppelmoduls der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers nicht voll gedeckt wird, wenn der Wärmebedarf größer als die Summe der nutzbaren Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers und des einspeisbaren Wärmeüberschuss aus der einspeisbaren Überschussleistung ist.

[0048] In den zweiten Betriebsmodus wird vorzugsweise gewechselt, wenn der Wärmebedarf am Wärmeabnehmer kleiner als die einspeisbare Überschussleistung ist und der elektrische Energiespeicher thermisch nicht voll aufgeladen ist. Während im zweiten Betriebsmodus in einer ersten Alternative der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers komplett durch eine einspeisbare Überschussleistung gedeckt werden kann, muss dies bei einer zweiten Alternative nicht der Fall sein. Diese Alternative dient dazu den elektrischen Energiespeicher wieder thermisch aufzuladen, bei dem die Temperatur unter die minimal erlaubte Temperatur gefallen ist.

[0049] In den dritten Betriebsmodus wird vorzugsweise gewechselt, wenn kein Wärmebedarf am Wärmeabnehmer besteht, eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist und der elektrische Energiespeicher thermisch nicht voll aufgeladen ist. Während im dritten Betriebsmodus in einer ersten Alternative die thermische Aufladung des elektrischen Energiespeichers komplett durch eine einspeisbare Überschussleistung erfolgt, muss dies bei einer zweiten Alternative nicht der Fall sein. In der zweiten Alternative ist dies auch ohne Überschuss möglich. Diese Alternative dient dazu den elektrischen Energiespeicher wieder thermisch aufzuladen, bei dem die Temperatur unter die minimal erlaubte Temperatur gefallen ist.

[0050] Ein Wechseln in den vierten Betriebsmodus erfolgt vorzugsweise unter drei Bedingungssätzen. Unter einem ersten Bedingungssatz wird in den vierten Betriebsmodus gewechselt, wenn Wärmebedarf am Wärmeabnehmer besteht, eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist und keine nutzbare Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers vorhanden ist. Zudem ist der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers größer als der Betrag der einspeisbaren Überschussleistung, die von dem Einspeiseüberschuss-Informationsgeber ermittelt wird; Hier kann es somit vorkommen, dass bei der überschussgeführten Regelung des thermischen Koppelmoduls der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers nicht voll gedeckt wird. Der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers ist größer als die Summe der nutzbaren Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers und des einspeisbaren Wärmeüberschuss aus der einspeisbaren Überschussleistung. Unter einem zweiten Bedingungssatz wird in den vierten Betriebsmodus gewechselt, wenn der Wärmebedarf am Wärmeabnehmer kleiner als die einspeisbare Überschussleistung ist und der elektrische Energiespeicher thermisch nicht voll aufgeladen ist. Hierbei wird der elektrische Energiespeicher thermisch nicht aufgeladen, wenn aus einer Zukunftsprognose für einen Prognosezeitraum erkennbar ist, dass der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers aus einer prognostizierter einspeisbarer Überschussenergie und der nutzbaren Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers abdeckbar ist. Auf diese Weise können lange Verweilzeiten des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers bei hohen Temperaturen vermieden und die Jahresdurchschnittstemperatur des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers verringert werden, um ein frühzeitiges Altern des elektrischen Energiespeichers zu verhindern. Unter einem dritten Bedingungssatz wird in den vierten Betriebsmodus gewechselt, wenn der Wärmebedarf am Wärmeabnehmer kleiner als die einspeisbare Überschussleistung ist und der elektrische Energiespeicher thermisch voll aufgeladen ist.

[0051] Die hier beschriebenen Betriebsmodi-Übergänge sind wie die Betriebsmodi selbst nicht als abschließende Liste möglicher Betriebsmodi-Übergänge zu verstehen, sondern bilden nur die Betriebsmodi-Übergänge ab, die beim Normalbetrieb des thermischen Koppelmodul hauptsächlich auftreten. Zusätzliche Betriebsmodi-Übergänge beim Anfahren und Herunterfahren, für das Aktivieren von spezifische Störungsbehebungen und für bestimmte Optimierungen einzelner Betriebsmodi-Übergänge sind hierbei möglich.

[0052] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des thermischen Koppelmoduls ist die Regelungseinheit konfiguriert, das thermische Koppelmodul zusätzlich in einem fünften Betriebsmodi zu

regeln, bei dem keine Wärmeenergie von dem elektrischen Energiespeicher oder von der Wärmequelle in das Wärmetransportmedium eingespeist wird und bei dem optional sämtliche der Ventile geschlossen sind; und

wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit ausgelegt ist, von dem ersten, zweiten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den fünften Betriebsmodus zu wechseln, wenn, gemäß einem vierten Bedingungssatz,

- oder Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass keine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist; und
- oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer keinen Wärmebedarf aufweist;

und/oder

wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit ausgelegt ist, von dem ersten, zweiten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den fünften Betriebsmodus zu wechseln, wenn, gemäß einem fünften Bedingungssatz,

- oder Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung größer null verfügbar ist, die der Wärmequelle zuführbar ist;
- oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer keinen Wärmebedarf aufweist; und
- die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers größer oder gleich der maximalen Temperatur T_{ES_max} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ist;

und/oder

wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit ausgelegt ist, von dem ersten, zweiten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den fünften Betriebsmodus zu wechseln, wenn, gemäß einem sechsten Bedingungssatz,

- oder Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung größer null verfügbar ist, die der Wärmequelle zuführbar ist;
- oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer keinen Wärmebedarf aufweist;
- die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers kleiner als die maximale Temperatur T_{ES_max} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ist; und
- die Summe aus der in dem Prognosezeitraum einspeisbaren Prognose-Überschussenergie

und einer nutzbaren Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers größer als die Prognose-Wärmebedarfsenergie in dem Prognosezeitraum ist;

und/oder

wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit ausgelegt ist, von dem ersten, zweiten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den fünften Betriebsmodus zu wechseln, wenn, gemäß einem siebten Bedingungssatz,

- oder Einspeiseüberschuss-Informationsgeber anzeigt, dass keine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist;
- oder Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor anzeigt, dass der Wärmeabnehmer einen Wärmebedarf größer null aufweist; und
- die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers kleiner oder gleich der Temperatur T_{WA} des Wärmespeichermediums des Wärmeabnehmers und/oder kleiner oder gleich der minimalen Temperatur T_{ES_min} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ist;

und/oder

wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit ausgelegt ist, von dem ersten, zweiten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den fünften Betriebsmodus zu wechseln, wenn die Regelungseinheit als Eingangssignal eine sicherheitsrelevante Fehlermeldung und/oder ein Wartungssignal für das thermische Koppelmodul erhält.

[0053] Die Regelungseinheit verhindert demnach eine Einspeisung von zusätzlicher Wärmeenergie in das Wärmetransportmedium, wenn das Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers maximal mit Wärmeenergie aufgeladen ist und keine Wärmeenergie mehr an das Wärmespeichermedium des Wärmeabnehmers abgegeben werden kann. Somit stellt die Regelungseinheit des thermischen Koppelmoduls mit dem fünften Betriebsmodus sicher, dass der elektrische Energiespeicher und der Wärmeabnehmer nicht überhitzt.

[0054] Ein Wechseln in den fünften Betriebsmodus erfolgt vorzugsweise unter Bedingungssätzen vier bis sieben. Unter einem vierten Bedingungssatz wird in den fünften Betriebsmodus gewechselt, wenn kein Wärmebedarf am Wärmeabnehmer besteht und keine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist. Unter einem fünften Bedingungssatz wird in den fünften Betriebsmodus gewechselt, wenn kein Wärmebedarf am Wärmeabnehmer besteht, eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist und der elektrische Energiespeicher thermisch voll aufgeladen ist. Unter einem sechsten Bedingungssatz wird in den fünften Betriebsmodus

gewechselt, wenn kein Wärmebedarf am Wärmeabnehmer besteht, eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist und der elektrische Energiespeicher thermisch nicht voll aufgeladen ist. Hierbei wird wiederum der elektrische Energiespeicher thermisch nicht aufgeladen, wenn aus einer Zukunftsprognose für einen Prognosezeitraum erkennbar ist, dass der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers aus einer prognostizierter einspeisbarer Überschussenergie und der nutzbaren Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers abdeckbar ist. Auf diese Weise können wieder lange Verweilzeiten des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers bei hohen Temperaturen vermieden und die Jahresdurchschnittstemperatur des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers verringert werden, um ein frühzeitiges Altern des elektrischen Energiespeichers zu verhindern. Unter einem siebten Bedingungssatz wird in den fünften Betriebsmodus gewechselt, wenn ein Wärmebedarf am Wärmeabnehmer besteht, keine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist und keine nutzbare Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers vorhanden ist. Hier kann es wiederum vorkommen, dass bei der überschussgeführten Regelung des thermischen Koppelmoduls der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers nicht voll gedeckt wird.

[0055] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des thermischen Koppelmoduls ist die Regelungseinheit ausgelegt, Zusatz-Wärmeenergie aus einer elektrischen Zusatzleistung aus dem Stromnetz von der Wärmequelle in das Wärmetransportmedium einzuspeisen, wenn der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers größer ist als die Summe der nutzbaren Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers und des Betrags der einspeisbaren Überschussenergie aus der einspeisbaren Überschussleistung; und wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit ausgelegt sein kann, von dem fünften Betriebsmodus in einen vierten Betriebsmodus zu wechseln, wenn der siebte Bedingungssatz im thermischen Koppelmodul erfüllt ist.

[0056] Im Gegensatz zu einer rein überschussgeführten Regelung des thermischen Koppelmoduls kann bei einer wärmebedarfsgeführten Regelung des thermischen Koppelmoduls der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers stets gedeckt werden. Dies wird für den Fall, dass der Wärmebedarf größer als die Summe der nutzbaren Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers und des einspeisbaren Wärmeüberschuss aus der einspeisbaren Überschussleistung ist, durch Zusatz-Wärmeenergie aus einer elektrischen Zusatzleistung aus dem Stromnetz sichergestellt. Auf diese Weise kann bei einer wärmebedarfsgeführten Regelung auch im ersten Betriebsmodus und im vierten Betriebsmodus unter dem ersten Bedingungssatz der Wärmebedarf am

Wärmeabnehmer voll gedeckt werden. Zudem muss unter dem siebten Bedingungssatz nicht in den fünften Betriebsmodus, sondern es kann in den vierten Betriebsmodus gewechselt werden.

[0057] Durch die stets gesicherte Deckung des Wärmebedarfs am Wärmeabnehmer bei einer wärmebedarfsgeführten Regelung des thermischen Koppelmoduls kann ein Wärmezwischenspeicher im Wärmeabnehmer, beispielsweise ein Warmwasserspeicher, kleiner dimensioniert werden oder es kann ganz auf solch einen Wärmezwischenspeicher verzichtet werden. Dadurch können bei der Ausgestaltung eines thermischen Kopplungssystems Platz und Kosten gespart werden.

[0058] Ein weiterer Aspekt zur Lösung der Aufgabe betrifft ein thermisches Kopplungssystem, umfassend:

mindestens einen elektrischen Energiespeicher;

mindestens einen Wärmeabnehmer; und

ein thermisches Kopplungsmodul nach einem der vorherigen Aspekte und bevorzugten Ausführungsformen zur Wärmeübertragung zwischen dem elektrischen Energiespeicher und dem Wärmeabnehmer.

[0059] Das thermische Kopplungssystem umfasst dabei neben dem Koppelmodul aus dem vorherigen Aspekt und den dazugehörigen bevorzugten Ausführungsformen als Komponenten des Kopplungssystems auch mindestens einen elektrischen Energiespeicher und mindestens einen Wärmeabnehmer. Dabei kann die Steuerung und/oder Regelung des Gesamtsystems, also auch die Steuerung und/oder Regelung des elektrischen Anteils des elektrischen Energiespeichers und des Wärmeabnehmers durch die Regelungseinheit des thermischen Koppelmoduls durchgeführt werden.

[0060] In einer bevorzugten Ausführungsform des thermischen Kopplungssystems ist der elektrische Energiespeicher ausgelegt, Wärmeenergie von der Wärmequelle und/oder Wärmeenergie aus der Verlustleistung des elektrischen Energiespeichers bei elektrischem Betrieb zu speichern.

[0061] Hierbei kann die Regelungseinheit des thermischen Koppelmoduls zusätzlich ausgelegt sein, eine elektrisch betriebene Komponente im Umfeld des thermischen Kopplungssystems bei einer niedrigen Verfügbarkeit elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien mit der elektrischen Energie des elektrischen Energiespeichers auszuführen und zu regeln. Auf diese Weise kann ein autarkes oder teilautarkes Energiesystem, beispielsweise in einem Gebäude, noch effizienter betrieben werden, indem zeitnah zum Abruf elektrischer Energie aus dem

elektrischen Energiespeicher dessen Verlustwärme direkt im thermischen Kopplungssystem genutzt wird. Bei einem teilautarken Energiesystem kann deshalb auch darüber nachgedacht werden, einen kleineren und damit kostengünstigeren Netzanschluss des Gebäudes einzuplanen.

[0062] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des thermischen Kopplungssystems weist der elektrische Energiespeicher eine Lithium-Ionen-Batterie auf und der Energiespeicher-Wärmetauscher ist als Temperaturregelungssystem der Lithium-Ionen-Batterie konfiguriert. Das Temperaturregelungssystem kann insbesondere zur Erwärmung und/oder Kühlung der Lithium-Ionen-Batterie ausgelegt sein.

[0063] Da beim Einsatz einer Lithium-Ionen-Batterie in einem thermischen Kopplungssystem das zusätzlich als Wärmespeichermedium genutzte elektrische Energiespeichermedium häufig als ein flüssiger Elektrolyt in einem porösen Separator als Polymerelektrolyt ausgeführt ist, kann das Wärmespeichermedium in der Lithium-Ionen-Batterie meist nicht frei zum Energie-Wärmetauscher zirkulieren. Daher eignet sich die Lithium-Ionen-Batterie nicht für eine Wärmeübertragung an einem Wärmetauscher, der auf einer Übertragung der Wärme von einem fluiden Medium auf ein anderes fluides Medium basiert. Hier kann stattdessen ein Energiespeicher-Wärmetauscher als Temperaturregelungssystem ausgestaltet sein, welches in den Zwischenräumen der Lithium-Ionen-Batterien in einem Lithium-Ionen-Batteriepack oder -modul eingelassen ist und Wärmeenergie von den Lithium-Ionen-Batterien abführen und/oder zuführen kann.

[0064] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des thermischen Kopplungssystems weist der elektrische Energiespeicher eine Flow-Batterie, insbesondere eine Redox-Flow-Batterie und vorzugsweise eine Vanadium-Redox-Flow-Batterie auf.

[0065] Für den Einsatz als elektrischer Energiespeicher in einem thermischen Kopplungssystem sind grundsätzlich alle Formen und Ausgestaltungen von Flow-Batterien besonders geeignet. Hierbei sind für den Einsatz als autarker elektrischer Energiespeicher in Gebäuden wegen ihrer flexiblen und sicheren Handhabung Redox-Flow-Batterien und insbesondere Vanadium-Redox-Flow-Batterien bevorzugt. Bereits verbaute Flow-Batterien können dabei auch nachträglich mit dem thermischen Koppelmodul und beispielsweise eines bereits vorhandenen Wärmespeichers im Gebäude als Wärmeabnehmer kombiniert und gekoppelt werden. Auch für den Einsatz in Neubauten sind Flow-Batterien durch ihre flexible Bauweise und Dimensionierung sehr gut geeignet.

[0066] Dabei ist eine Flow-Batterie eine Ausführungsform eines Akkumulators, welche elektrische

Energie in chemischen Verbindungen speichert, wobei Reaktionspartner in einem Lösungsmittel in gelöster Form als Elektrolyte vorliegen. Die energiespeichernden Elektrolyte zirkulieren dabei in getrennten Kreisläufen, zwischen denen in einer galvanischen Zelle mittels einer Membran ein Ionenaustausch erfolgt. In der Flow-Batterie werden dabei die gelösten Stoffe chemisch reduziert und/oder oxidiert, wobei elektrische Energie frei wird. Im Vergleich zu einem Akkumulator ohne Stoffzirkulation liegt eine aufwändigere Konstruktion vor, die neben Tanks für die Elektrolyte und Rohrleitungen mindestens noch Pumpen für die Umwälzung der Elektrolyte und deren Regelung umfasst. Aus diesen Gründen eignen sich Flow-Batterien eher für größere Anlagen.

[0067] Regelmäßig sind Flow-Batterien mit zwei großen Tanks ausgeführt, deren flüssige Speichermedien für elektrische Energie auch für den Einsatz als Wärmespeichermedium geeignet sind. Die beiden Tanks der Flow-Batterie können dabei entweder als ein gesamter Wärmespeicher oder als zwei separate Wärmespeicher für das thermische Kopplungssystem ausgestaltet sein. Für ein thermisches Kopplungssystem können auch ein- oder mehrere Flow-Batterien und ein- oder mehrere Lithium-Ionen-Batterien als elektrische Energiespeicher kombiniert werden und jeweils über einen separaten Energiespeicher-Wärmetauscher mit dem thermischen Koppelmodul gekoppelt sein.

[0068] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des thermischen Kopplungssystems ist das Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers, das Wärmetransportmedium des thermischen Koppelmoduls und das Wärmemedium des Wärmeabnehmer jeweils ein flüssiges Medium; wobei das thermische Kopplungssystem derart konfiguriert ist, dass der Druck im Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers kleiner als der Druck im Wärmetransportmedium ist und der Druck im Wärmetransportmedium kleiner als der Druck im Wärmemedium des Wärmeabnehmer ist; wobei mindestens ein Sensor von dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensor, Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor, Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensor, Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor, Wärmequellen-Eingang-Sensor und Wärmequellen-Ausgang-Sensor zusätzlich ausgelegt ist, Messwerte eines Drucks im Wärmetransportmedium zu ermitteln; und/oder wobei mindestens der Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor zusätzlich ausgelegt ist, Messwerte eines pH-Wertes und/oder einer Leitfähigkeit im Wärmetransportmedium zu ermitteln; und/oder wobei mindestens der Energiespeicher-Sensor zusätzlich ausgelegt ist, Messwerte eines Drucks im Wärmespeichermedium des elektrischen Energie-

speichers zu ermitteln;
wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit ausgelegt ist, von dem ersten, zweiten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den fünften Betriebsmodus zu wechseln und die Regelungseinheit ausgelegt ist, eine weitere Zufuhr von thermischer und elektrischer Energie zum thermischen Kopplungssystem zu unterbinden, wenn

- ein Betrag einer Druckänderung im Wärmetransportmedium einen ersten Druckänderungsschwellwert überschreitet; und/oder
- ein Betrag einer pH-Wert-Änderung im Wärmetransportmedium einen pH-Änderungsschwellwert überschreitet; und/oder
- ein Betrag einer Leitfähigkeits-Änderung im Wärmetransportmedium einen Leitfähigkeits-Änderungsschwellwert überschreitet; und/oder
- ein Betrag einer Druckänderung im Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers einen zweiten Druckänderungsschwellwert überschreitet;

und/oder

wobei ein Thermoschalter im elektrischen Energiespeicher (200_{1..n}) ausgelegt ist, eine weitere Zufuhr von thermischer und elektrischer Energie zum thermischen Kopplungssystem (100) zu unterbinden, wenn die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers größer oder gleich einer vorbestimmten Notaus-Temperatur T_{ES_Notaus} ist, wobei die Notaus-Temperatur T_{ES_Notaus} größer als die maximale Temperatur T_{ES_max} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ist.

[0069] Die Übermittlung von Messwerten bezüglich Volumenstrom, Druck, Leitfähigkeit und/oder pH-Wert im Wärmetransportmedium und/oder im Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers an den vorgegebenen Messpunkten der jeweiligen Sensoren kann von Regelungseinheit auch derart ausgewertet werden, dass eine Fehlerüberwachung im thermischen Kopplungsmodul und/oder im thermischen Kopplungssystem erfolgt. Insbesondere kann die Regelungseinheit über einen Abfall des Drucks und/oder Volumenstroms und/oder einer Veränderung im pH-Wert und/oder in der elektrischen Leitfähigkeit auf eine Leckage im elektrischen Energiespeicher, im Energiespeicher-Wärmetauscher, im verzweigten hydraulischen System des thermischen Koppelmodul und/oder im Wärmeabnehmer-Wärmetauscher schließen und das thermische Koppelmodul und/oder das thermische Kopplungssystem in einen Störmodus und/oder Notausmodus versetzen.

[0070] Vorteilhaft für die Betriebssicherheit des thermischen Koppelmoduls erweisen sich hierbei insbesondere die unterschiedlichen Druckniveaus im

elektrischen Energiespeicher, im verzweigten hydraulischen System des thermischen Koppelmoduls und im Wärmeabnehmer. Hierbei weist der Frischwasserzulauf eines Gebäudes als Beispiel für einen Wärmeabnehmer häufig ein Druckniveau zwischen etwa 4 bis 6 bar auf, während das Druckniveau im verzweigten hydraulischen System des thermischen Koppelmoduls vorzugsweise mit etwa 2 bis 4 bar kleiner als das Druckniveau im Wärmeabnehmer ist. Das Druckniveau im elektrischen Energiespeicher ist zudem gewöhnlich unter 2 bar und somit nochmals geringer als im verzweigten hydraulischen System des thermischen Koppelmoduls. So würde beispielsweise bei einer Leckage im Wärmeabnehmer-Wärmetauscher eines Warmwasserspeichers durch den höheren Druck im Wärmeabnehmer nur Trinkwasser in den Kreislauf des thermischen Koppelmoduls und/oder bei einer Leckage im Energiespeicher-Wärmetauscher durch den höheren Druck im thermischen Koppelmodul nur das elektrisch neutrale Wärmetransportmedium in den elektrischen Energiespeicher eindringen.

[0071] Dabei ist der Tank des elektrischen Energiespeichers vorzugsweise derart ausgelegt, dass das Volumen des Wärmetransportmediums aus dem thermischen Koppelmodul zusätzlich im Tank des elektrischen Energiespeichers aufgenommen werden kann, ohne dass dieser überläuft. Durch das Druckgefälle vom höheren Druck im Wärmeabnehmer hin zu einem niedrigen Druck im elektrischen Energiespeicher ist bereits konstruktiv sichergestellt, dass ein eventuell umweltschädliches Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers nicht über das thermische Koppelmodul in die Umwelt gelangt.

[0072] Um eine Leckage im Energiespeicher-Wärmetauscher zu einer Flow-Batterie zu ermitteln, wird vorzugsweise der pH- und/oder Leitfähigkeit am Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor gemessen. Bei einem elektrischen Energiespeicher in Form einer Lithium-Ionen-Batterie wird zur Detektion einer Leckage im Energiespeicher-Wärmetauscher vorzugsweise der Druck im Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers durch einen Energiespeicher-Sensor ermittelt.

[0073] Die Regelung des thermischen Koppelmodul und/oder des thermischen Kopplungssystems bei einer Störung kann durch die Regelungseinheit und deren Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit und/oder durch ein übergeordnetes Energiemanagementsystem erfolgen.

[0074] Zudem kann bei einer Überschreitung einer vorbestimmten Notfall-Temperatur T_{ES_Notaus} im elektrischen Energiespeicher die gesamte Zufuhr von thermischer und elektrischer Energie in das thermische Kopplungssystem durch einen Thermoschal-

ter im elektrischen Energiespeicher unterbunden und somit ein Notaus des Systems herbeigeführt werden.

[0075] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des thermischen Kopplungssystems ist die Regelungseinheit ausgelegt, die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers über den Energiespeicher-Wärmetauscher derart zu regeln, dass die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums eine vorbestimmte maximale Temperatur T_{ES_max} des Wärmespeichermediums nicht übersteigt, wobei die maximale Temperatur T_{ES_max} vorzugsweise eine Temperatur im Bereich von 30 °C und 60 °C ist, und weiter bevorzugt etwa 40 °C ist; und optional dass die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums der mindestens einen Flow-Batterie eine vorbestimmte minimale Temperatur T_{ES_min} des Wärmespeichermediums nicht unterschreitet, wobei die minimale Temperatur T_{ES_min} vorzugsweise eine Temperatur im Bereich von 5 °C und 20 °C ist, und weiter bevorzugt etwa 10 °C ist.

[0076] Bei gängigen elektrischen Energiespeichern gibt es eine starke Begrenzung des zulässigen Temperaturbereichs des Wärmespeichermediums. Hierbei ist eine Temperatur von 40 °C im Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers eine häufig empfohlene und eingesetzte Obergrenze bei Flow-Batterien und Lithium-Ionen-Batterien. Eine Temperatur von 10 °C ist eine typische Untergrenze für Speichermedien von Flow-Batterien, um eine verstärkte Alterung der Batterien zu vermeiden. Zukünftig können sich durch Weiterentwicklung elektrischer Energiespeicher ein thermisch nutzbarer Temperaturbereich mit niedrigeren Temperaturuntergrenzen und höheren Temperaturobergrenzen ergeben.

[0077] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des thermischen Kopplungssystems weist der Wärmeabnehmer einen Wärmespeicher, insbesondere einen Warmwasserspeicher, zur Speicherung von Wärmeenergie auf, welcher einen Kaltwasserzulauf aufweist; und optional wobei die Regeleinheit ausgelegt ist, die Temperatur in dem Kaltwasserzulauf und/oder in dem Wärmespeicher für einen vorgegebenen Zeitraum über den Wärmeabnehmer-Wärmetauscher derart zu regeln, dass die Temperatur eine Mindesttemperatur zum Aufbereiten von Wasser, insbesondere von Trinkwasser, erreicht.

[0078] Hierbei stellt die Ausführung eines Wärmeabnehmers als Warmwasserspeicher mit einem Kaltwasserzulauf eine effiziente Möglichkeit dar, das thermische Koppelmodul mit bereits vorhandenen Abnehmern von Wärmeenergie in einem bestehenden Gebäude oder in einem Neubau zu koppeln. In einer solchen Ausführungsform wird insbesondere der Kaltwasserzulauf des Warmwasserspeichers

mit dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher gekoppelt. In diesem Fall entspricht das Kaltwasser im Kaltwasserzulauf dem Wärmemedium des Wärmeabnehmer-Wärmetauschers.

[0079] Beim Betrieb eines thermischen Kopplungssystems mit angeschlossenem Warmwasserspeicher ist es möglich, dass in bestimmten Zeiträumen eine bestimmte Menge an Verlustwärme des elektrischen Energiespeichers bei elektrischem Betrieb entsteht und/oder ein bestimmter Wärmeeintrag aus erneuerbaren Energien über die Wärmequelle in das System eingebracht wird, gleichzeitig aber der Kaltwasserzulauf wegen fehlender Wärmeabnahme im Warmwasserspeicher stillsteht. In diesem Fall könnten sich bei einem länger anhaltenden Temperaturfenster von 30 °C bis 45 °C Legionellen im Trinkwasser des Kaltwasserzulaufs bilden, wenn der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher nicht abtrennbar ist. Diesem Problem wirkt die bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen thermischen Koppelmodul entgegen, da der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher in dem dritten Betriebsmodus über ein Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil überbrückt werden kann. Somit kann das Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers auch mit geringen Wärmeleistungen aufgewärmt werden, ohne ein Risiko einer Legionellenvermehrung am Trinkwasserzulauf zu vergrößern. Sollte der Temperaturbereich von 30 °C bis 45 °C dennoch über einen längeren Zeitraum am Kaltwasserzulauf bestehen, so lässt sich durch Überbrückung des elektrischen Energiespeichers mittels des Energiespeicher-Bypass-Ventils dessen große thermische Masse auskoppeln und somit im vierten Betriebsmodus der übrige Wärmekreislauf im thermischen Koppelmodul und damit auch der Kaltwasserzulauf des Warmwasserspeichers effektiv und schnell auf eine Mindesttemperatur zum Aufbereiten von Wasser, insbesondere von Trinkwasser erwärmen. Hierbei ist der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher ausgelegt, die Mindesttemperatur auf mindestens 55 °C im gesamten Leitungssystem, des Wärmespeicher und auf mindestens 60 °C im Warmwasserspeicher zu regeln, um eine Vermehrung von Legionellen zu verhindern. Bevorzugt regelt der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher die Mindesttemperatur im gesamten Wärmespeicher für mindestens 30 Minuten auf mindestens 60 °C und besonders bevorzugt für mindestens 3 Minuten auf mindestens 70 °C, um Legionellen im Wärmespeicher sicher abzutöten. Somit können in diesem als selten, aber wichtig einzuschätzenden Szenario, bei einer Regelung der Kaltwasserzulauftemperatur und/oder des Warmwasserspeichers über eine Mindesttemperatur über einen vorgegebenen Zeitraum Legionellen im Trinkwasser sicher abgetötet werden.

[0080] Zudem lässt sich durch den ersten, zweiten und vierten Betriebsmodus des thermischen Koppelmodul im thermischen Kopplungssystem zu jeder

Zeit eine vorgegebene Warmwassertemperatur im Warmwasserspeicher über solch einer Mindesttemperatur erreichen.

[0081] Ein weiterer Aspekt zur Lösung der Aufgabe umfasst ein Verfahren zur Wärmeübertragung zwischen mindestens einem elektrischen Energiespeicher, einem thermischen Koppelmodul umfassend eine Wärmequelle und mindestens einem Wärmeabnehmer, wobei das Verfahren vier Betriebsmodi mit folgenden Schritten aufweist:

Übertragen von Wärmeenergie in einem ersten Betriebsmodus von dem elektrischen Energiespeicher und/oder der Wärmequelle zu dem Wärmeabnehmer;

Übertragen von Wärmeenergie in einem zweiten Betriebsmodus von der Wärmequelle zu dem Wärmeabnehmer und zu dem elektrischen Energiespeicher;

Übertragen von Wärmeenergie in einem dritten Betriebsmodus von der Wärmequelle zu dem elektrischen Energiespeicher; und

Übertragen von Wärmeenergie in einem vierten Betriebsmodus von der Wärmequelle zu dem Wärmeabnehmer,

wobei das thermische Koppelmodul ein thermisches Koppelmodul gemäß dem ersten Aspekt und dessen bevorzugten Ausführungsformen ist.

[0082] Weitere Verfahrensschritte für bevorzugte Ausführungsformen des Verfahrens ergeben sich aus den vorherigen Ausführungen zu den Aspekten und bevorzugten Ausführungsformen des thermischen Koppelmoduls und des thermischen Koppelungssystems.

[0083] Ein weiterer Aspekt zur Lösung der Aufgabe betrifft die Verwendung eines thermischen Koppelmoduls und eines thermischen Koppelungssystems gemäß den vorigen Aspekten und bevorzugten Ausführungsformen zur Wärmeübertragung zwischen mindestens einem elektrischen Energiespeicher und mindestens einem Wärmeabnehmer.

[0084] Für die oben genannten Aspekte und insbesondere für diesbezüglich bevorzugte Ausführungsformen gelten auch die vor- oder nachstehend gemachten Ausführungen zu den Ausführungsformen der jeweils anderen Aspekte.

[0085] Im Folgenden werden einzelne Ausführungsformen zur Lösung der Aufgabe anhand der Figuren beispielhaft beschrieben. Dabei weisen die einzelnen beschriebenen Ausführungsformen zum Teil Merkmale auf, die nicht zwingend erforderlich sind, um den beanspruchten Gegenstand auszuführen, die aber in bestimmten Anwendungsfällen

gewünschte Eigenschaften bereitstellen. So sollen auch Ausführungsformen als unter die beschriebene technische Lehre fallend offenbart angesehen werden, die nicht alle Merkmale der im Folgenden beschriebenen Ausführungsformen aufweisen. Ferner werden, um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, bestimmte Merkmale nur in Bezug auf einzelne der im Folgenden beschriebenen Ausführungsformen erwähnt bzw. beschrieben. Es wird darauf hingewiesen, dass die einzelnen Ausführungsformen daher nicht nur für sich genommen, sondern auch in einer Zusammenschau betrachtet werden sollen. Anhand dieser Zusammenschau wird der Fachmann erkennen, dass einzelne Ausführungsformen auch durch Einbeziehung von einzelnen oder mehreren Merkmalen anderer Ausführungsformen modifiziert werden können. Es wird darauf hingewiesen, dass eine systematische Kombination der einzelnen Ausführungsformen mit einzelnen oder mehreren Merkmalen, die in Bezug auf andere Ausführungsformen beschrieben werden, wünschenswert und sinnvoll sein kann und daher in Erwägung gezogen und auch als von der Beschreibung umfasst angesehen werden soll.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines thermischen Koppelungssystems gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 zeigt einen ersten Betriebsmodus für ein thermisches Koppelmodul eines thermischen Koppelungssystems gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3 zeigt einen zweiten Betriebsmodus für das thermische Koppelmodul aus **Fig. 2** gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4 zeigt einen dritten Betriebsmodus für das thermische Koppelmodul aus **Fig. 2** und **3** gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5 zeigt einen vierten Betriebsmodus für das thermische Koppelmodul aus den **Fig. 2** bis **4** gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung eines nicht erfindungsgemäßen thermischen Koppelungssystems ohne verzweigten Wärmekreislauf zu Vergleichszwecken.

Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

[0086] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines thermischen Koppelungssystems 100 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Dabei umfasst das thermische Kopp-

lungssystem 100 mindestens einen elektrischen Energiespeicher 200_{1..n} und mindestens einen Wärmeabnehmer 300_{1n}, wobei in **Fig. 1** ein thermisches Koppelmodul 10 einen elektrischen Energiespeicher 200₁ und einen Wärmeabnehmer 300₁ durch ein verzweigtes hydraulisches System koppelt. Der elektrische Energiespeicher 200₁ ist mit einem Medium gefüllt, das bei einem ausschließlich elektrischen Betrieb ursprünglich nur als elektrisches Energiespeichermedium ausgelegt war und im Zusammenspiel mit dem thermischen Kopplungssystem 100 zusätzlich noch die Funktion eines Wärmespeichermediums übernimmt. Der elektrische Energiespeicher 200₁ kann dabei als eine Batterie ausgebildet sein, die in vielen Ausführungsformen denkbar ist und die vorzugsweise durch eine Lithium-Ionen-Batterie oder eine Flow-Batterie realisiert wird. Eine Flow-Batterie wird dabei regelmäßig mit zwei Tanks ausgebildet, kann aber wie in der **Fig. 1** auch als ein gesamter elektrischer Energiespeicher 200₁ schematisch dargestellt sein. Der Wärmeabnehmer 300₁ ist als unspezifische Komponente dargestellt und kann durch Übertragung von Wärme auf das Wärmedium des Wärmeabnehmers 300₁ betrieben werden.

[0087] Das thermische Koppelmodul 10 weist ein verzweigtes, hydraulisches System auf, welches mit einem Wärmetransportmedium 90 gefüllt ist und zusätzlich eine Wärmequelle 80 und vorzugsweise eine Wärmetransportmedium-Pumpe 98 umfasst. Dabei ist das Wärmetransportmedium 90 entweder gasförmig oder flüssig und wird beim Betrieb der Wärmetransportmedium-Pumpe 98 stets in unverändert gleicher Richtung an der Wärmetransportmedium-Pumpe 98 weitergepumpt, so dass das Wärmetransportmedium 90 in der **Fig. 1** im Uhrzeigersinn durch das verzweigte hydraulische System des thermischen Koppelmoduls 10 transportiert wird.

[0088] Das verzweigte hydraulische System weist im Wesentlichen einen Energiespeicher-Wärmetauscher 20₁, einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁, röhrenförmige Fluidverbindungen, steuer- und/oder regelbare Ventile zur Steuerung und/oder Regelung von Volumenströmen in den Fluidverbindungen und Sensoren auf. Dabei koppelt der Energiespeicher-Wärmetauscher 20₁ das thermische Koppelmodul thermisch mit dem elektrischer Energiespeicher 200₁ und weist einen Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang 22₁ und einen Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang 24₁ auf. Zudem koppelt der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁ das thermische Koppelmodul thermisch mit dem Wärmeabnehmer 300₁ und weist einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang 32₁ und einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang 34₁ auf. Wärmetauscher-Eingang bezieht sich hierbei jeweils auf den Teil eines Wärmetauschers, in den

das Wärmetransportmedium 90 durch die Pumprichtung der Wärmetransportmedium-Pumpe 98 zuerst eingeleitet wird und entsprechend bezieht sich ein Wärmetauscher-Ausgang jeweils auf den Teil eines Wärmetauschers, bei dem das Wärmetransportmedium 90 wieder hinausgeleitet wird.

[0089] Der Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang 24₁ ist durch eine erste Fluidverbindung 40 mit dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang 32₁ verbunden. Die erste Fluidverbindung 40 enthält die Wärmequelle 80, über die externe Wärmeenergie vorzugsweise aus erneuerbaren Energien in das Wärmetransportmedium 90 eingespeist werden kann. Die erste Fluidverbindung 40 ist in zwei Teile aufgeteilt, wobei ein Wärmequellen-stromaufwärtiger Leitungsabschnitt 44 zwischen Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang 24₁ und Wärmequelle 80 und ein Wärmequellen-stromabwärtiger Leitungsabschnitt 42 zwischen Wärmequelle 80 und Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang 32₁ angeordnet ist. Der Wärmequellen-stromabwärtige Leitungsabschnitt 42 weist ein Wärmeabnehmer-Abtrennventil 46 auf, über das ein Volumenstrom des Wärmetransportmediums 90 in den Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang 32₁ gesteuert und/oder geregelt wird.

[0090] Der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang 34₁ ist durch eine zweite Fluidleitung 50 mit dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang 22₁ verbunden. Die zweite Fluidleitung 50 enthält eine optionale Wärmetransportmedium-Pumpe 98, die vorzugsweise das Wärmetransportmedium 90 gesteuert und/oder geregelt in Richtung Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang 22₁ und damit insgesamt im Uhrzeigersinn des verzweigten hydraulischen Systems pumpen kann. Die zweite Fluidleitung 50 weist ein Energiespeicher-Abtrennventil 52 zwischen der Wärmetransportmedium-Pumpe 98 und dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang 22₁ auf, über das ein Volumenstrom des Wärmetransportmediums 90 in dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang 22₁ gesteuert und/oder geregelt wird.

[0091] Im Wärmequellen-stromabwärtigen Leitungsabschnitt 42 befindet sich ein Verzweigungsbereich der ersten Fluidleitung 40, welcher über eine dritte Fluidleitung 60 mit einem Verzweigungsbereich der zweiten Fluidleitung 50 zwischen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang 34₁ und Wärmetransportmedium-Pumpe 98 verbunden ist. Die dritte Fluidleitung 60 weist ein Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil 62 auf, über das ein Volumenstrom durch die dritte Fluidleitung 60 gesteuert und/oder geregelt wird. Zwischen der Wärmetransportmedium-Pumpe 98 und dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang 22₁ befindet sich ein Verzweigungsbereich der zweiten Fluidleitung 50, welcher über eine vierte

Fluidleitung 70 mit einem Verzweigungsbereich im Wärmequellen-stromaufwärtigen Leitungsabschnitt 44 verbunden ist. Die vierte Fluidleitung 70 weist ein Energiespeicher-Bypass-Ventil 72 auf, über das ein Volumenstrom durch die vierte Fluidleitung 70 gesteuert und/oder geregelt wird.

[0092] Ein- und ausgangsseitig vom Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁ sind ein Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensor 48₁ und ein Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor 49₁ angeordnet, die Messwerte über Betriebszustände des Wärmetransportmediums 90 am Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang 32₁ und Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang 34₁ liefern. Der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensor 48₁ ist zwischen dem Verzweigungsbereich im Wärmequellen-stromabwärtigen Leitungsabschnitt 42 und dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang 32₁ und vorzugsweise direkt am oder in unmittelbarer räumlicher Nähe vom Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang 32₁ angeordnet. Vorzugsweise misst der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensor 48₁ eine Temperatur T_{WA-EIN} des Wärmetransportmediums 90 direkt am oder in unmittelbarer räumlicher Nähe vom Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang 32₁, um eine nutzbare Temperaturdifferenz zwischen einer Temperatur T_{WA} des Wärmediums des Wärmeabnehmers 300₁ und der Temperatur T_{WA-EIN} des Wärmetransportmediums 90 im Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁ zu ermitteln und an eine Regelungseinheit 92 weiterleiten zu können. Der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor 49₁ misst vorzugsweise die Temperatur T_{WA-AUS} des Wärmetransportmediums 90 direkt am oder in unmittelbarer räumlicher Nähe vom Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang 34₁, um die abgegebene Wärme an den Wärmeabnehmer zu ermitteln. Der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor 49₁ misst zudem vorzugsweise den Druck im Wärmetransportmediums 90 direkt am oder in unmittelbarer räumlicher Nähe vom Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang 34₁, um bei einer Druckabweichung im Vergleich zum übrigen verzweigten hydraulischen Systems eine Leckage zwischen Wärmeabnehmer 300₁ und Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁ zu ermitteln und an die Regelungseinheit 92 weiterleiten zu können. Eine Druckabweichung im verzweigten hydraulischen System kann aber auch an einer anderen Stelle im Koppelmodul 10 gemessen werden, beispielsweise hinter dem Energiespeicher-Wärmetauscher 20₁. Dabei reicht bereits ein Drucksensor im Koppelmodul 10 aus, um Leckagen an verschiedenen Stellen im Koppelmodul 10 zu detektieren.

[0093] Ein- und ausgangsseitig vom Energiespeicher-Wärmetauscher 20₁ sind ein Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensor 54₁ und ein Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor 56₁

angeordnet, die Messwerte über Betriebszustände des Wärmetransportmediums 90 am Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang 22₁ und Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang 24₁ liefern. Der Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensor 54₁ ist zwischen dem Verzweigungsbereich zwischen Wärmetransportmedium-Pumpe 98 und Energiespeicher-Abtrennventil 52 und dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang 22₁ und vorzugsweise direkt am oder in unmittelbarer räumlicher Nähe vom Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang 22₁ angeordnet. Vorzugsweise misst der Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensor 54₁ eine Temperatur T_{ES-EIN} des Wärmetransportmediums 90 direkt am oder in unmittelbarer räumlicher Nähe vom Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang 22₁, um eine nutzbare Temperaturdifferenz zwischen einer Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers 200₁ und der Temperatur T_{ES-EIN} des Wärmetransportmediums 90 im Energiespeicher-Wärmetauscher 20₁ zu ermitteln und an die Regelungseinheit 92 weiterleiten zu können. Der Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor 56₁ misst vorzugsweise den Druck, den pH-Wert und/oder die Leitfähigkeit im Wärmetransportmediums 90 direkt am Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang 24₁, um bei einer Abweichung des Drucks, pH-Wertes und/oder der Leitfähigkeit im Vergleich zum übrigen verzweigten hydraulischen Systems eine Leckage zwischen Wärmeabnehmer 300₁ und Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁ zu ermitteln und an die Regelungseinheit 92 weiterleiten zu können.

[0094] Ein- und ausgangsseitig vom der Wärmequelle 80 sind ein Wärmequellen-Eingang-Sensor 84 und ein Wärmequellen-Ausgang-Sensor 86 angeordnet, die Messwerte über Betriebszustände des Wärmetransportmediums 90 ein- und ausgangsseitig zur Wärmequelle 80 liefern. Der Wärmequellen-Eingang-Sensor 84 ist zwischen dem Verzweigungsbereich im Wärmequellen-stromaufwärtigen Leitungsabschnitt 44 und der Wärmequelle 80 und vorzugsweise direkt am oder in unmittelbarer räumlicher Nähe vom Eingang zur Wärmequelle 80 angeordnet. Vorzugsweise misst der Wärmequellen-Eingang-Sensor 84 eine Temperatur T_{WQ-EIN} des Wärmetransportmediums 90, um die von der Wärmequelle einzuspeisende Wärmeenergie zu ermitteln und an die Regelungseinheit 92 weiterleiten zu können. Der Wärmequellen-Ausgang-Sensor 86 misst vorzugsweise die Temperatur T_{WQ-AUS} direkt am Ausgang von der Wärmequelle 80, um an der Regelungseinheit 92 ermitteln zu können wie viel Wärmeenergie tatsächlich von der Wärmequelle 80 auf das Wärmetransportmedium 90 übertragen wurde und ob bei der Übertragung der Wärmeenergie durch die Wärmequelle 80 das Wärmetransportmedium 90 unzulässig stark erhitzt wurde. In einem solchen Fall muss die weitere Zufuhr von Wärmeenergie durch

die Wärmequelle 80 umgehend von der Regelungseinheit 92 oder einem übergeordneten Energiemanagementsystem unterbunden werden.

[0095] Zudem weist das thermische Koppelmodul 10 vorzugsweise einen Einspeiseüberschuss-Informationsgeber 82 auf. Der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber 82 kann dabei aus externen Informationsquellen wie einem Energiemanagementsystem, dem Internet und/oder externen Sensoren eine Verfügbarkeit von Überschussleistung und vorzugsweise auch den Betrag der Überschussleistung aus externen Energiequellen ermitteln, welche ökologisch und/oder ökonomisch vorteilhaft für den Betreiber des thermischen Koppelmoduls 10 ist oder zur Entlastung eines überlasteten Stromnetzes dient. Insbesondere kann externe Überschussleistung aus elektrischer und/oder thermischer Energie aus erneuerbaren Energien und/oder besonders preisgünstige externe elektrische Leistung aus dem Stromnetz ermitteln und deren Verfügbarkeit und dessen Betrag an die Regelungseinheit 92 weitergeleitet werden.

[0096] Das thermische Koppelmodul 10 weist auch einen Energiespeicher-Sensor 26₁ zur Ermittlung eines Betriebszustandes des elektrischen Energiespeichers 200₁ auf, welcher in räumlicher Nähe zum Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers 200₁ und/oder im Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers 200₁ angeordnet ist und vorzugsweise die Temperatur T_{ES} und einen Druck des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers 200₁ misst. Ebenso weist das thermische Koppelmodul 10 vorzugsweise einen Wärmeabnehmer-Sensor 36₁ zur Ermittlung eines Betriebszustandes des Wärmeabnehmers 300₁ auf, welcher in räumlicher Nähe zum Wärmeabnehmer 300₁ und/oder im Wärmemedium des Wärmeabnehmers 300₁ angeordnet ist und vorzugsweise die Temperatur T_{WA} des Wärmemediums des Wärmeabnehmers 300₁ misst.

[0097] Zudem weist das thermische Koppelmodul 10 vorzugsweise einen Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor 38₁ zur Ermittlung eines Betrags eines Wärmebedarfs am Wärmeabnehmer auf. Hierbei kann der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor 38₁ zunächst eine Solltemperatur von einem externen Informationsgeber erhalten, auf die das Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor 38₁ gehalten oder erwärmt werden soll. Anhand der Solltemperatur, der Ist-Temperatur vom Wärmeabnehmer-Sensor 36₁ und der Auslegung des Wärmemediums, wie beispielsweise dessen Volumen bzw. Volumenstrom, Gewicht und/oder spezifischen Wärmekapazität, kann der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor 38₁ dann den Betrag des Wärmebedarfs am Wärme-

abnehmer ermitteln und an die Regelungseinheit 92 weiterleiten.

[0098] Alle Messergebnisse des Einspeiseüberschuss-Informationsgebers 82, Energiespeicher-Sensors 26₁, Wärmeabnehmer-Sensors 36₁, Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensors 38₁, Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensors 48₁, Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensors 49₁, Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensors 54₁, Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensors 56₁, Wärmequellen-Eingang-Sensors 84 und Wärmequellen-Ausgang-Sensors 86 und werden als Eingangssignale durch eine leitungsgebundene und/oder drahtlose Übertragung zur Regelungseinheit 92 und einer darin integrierten Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit 94 sowie Wärmebedarfsenergie-Prognosemoduls 96 übermittelt und dort zur Generierung von Steuerungs- und/oder Regelungssignalen verarbeitet. Diese Steuerungs- und/oder Regelungssignale werden dann zur Aktivierung oder Deaktivierung der Wärmequelle 80 und/oder zur teilweisen und/oder vollständigen Öffnung und/oder Schließung des Wärmeabnehmer-Abtrennventils 46, des Energiespeicher-Abtrennventils 52, des Wärmeabnehmer-Bypass-Ventils 62 und des Energiespeicher-Bypass-Ventils 72 und für den Wechsel zwischen verschiedenen Betriebsmodi des thermischen Koppelmoduls 10 verwendet. Die Regelungseinheit 92 generiert auch Steuerungs- und/oder Regelungssignale für die Wärmetransportmedium-Pumpe 98, um den Volumenstrom durch die Pumpe zu steuern und/oder zu regeln.

[0099] Die Fig. 2 bis 5 zeigen vier Betriebsmodi eines thermischen Koppelmoduls 10 eines Koppelungssystem 100 in einer bevorzugten Ausführungsform mit zwei parallel angeordneten elektrischen Energiespeichern 200₁ und 200₂ und einem Wärmeabnehmer 300₁, wobei die zwei elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ als eine Flow-Batterie mit zwei Tanks für jeweils ein Wärmespeichermedium konfiguriert sind. Entsprechend der zwei elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ weist das thermische Koppelmodul 10 zwei Energiespeicher-Wärmetauscher 20₁ und 20₂, zwei Energiespeicher-Sensoren 26₁ und 26₂, zwei Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensoren 54₁ und 54₂, zwei Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensoren 56₁ und 56₂ und zwei Energiespeicher-Abtrennventile 52 auf, wobei die zwei Energiespeicher-Abtrennventile 52 auch als ein Drei-Wege-Abtrennventil 52 ausgeführt sein können. Der Wärmeabnehmer 300₁ ist in den Fig. 2 bis 5 insbesondere ausgelegt, Wärmeenergie über den Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁ an einem Kaltwasserzulauf 304₁ aufzunehmen und diese Wärmeenergie durch den Kaltwasserzulauf 304₁ zu einem Wärmespeicher 302₁ zu transportieren, der als Warmwasserspeicher dient. Die anderen Komponenten des thermischen

Koppelmoduls 10 entsprechen jeweils den bereits in Fig. 1 beschriebenen Komponenten.

[0100] Die Regelungseinheit 92 des thermischen Koppelmoduls 10 ist vorzugsweise derart ausgelegt, dass ein stabiler Wärmeenergiefluss innerhalb des thermischen Koppelmoduls 10 für jeden der Betriebsmodi erreicht wird. Hierzu ist die Regelungseinheit 92 ausgelegt, entsprechende Steuerungs- und/oder Regelungssignale für die Wärmequelle 80 und die Ventile zu generieren und auszugeben, um die Einspeisungsmenge von Wärmeenergie an der Wärmequelle 80 und um die Öffnungszustände des Wärmeabnehmer-Abtrennventils 46, der Energiespeicher-Abtrennventile 52, des Wärmeabnehmer-Bypass-Ventils 62 und des Energiespeicher-Bypass-Ventils 72 für die Regelung des Volumenstroms des Wärmetransportmediums 90 zu steuern und/oder zu regeln. Die Regelungseinheit 92 steuert und/oder regelt das thermische Koppelmodul 10 auf Basis der Betriebszustände und Wärmeverfügbarkeiten im Koppelungssystem 100 und insbesondere auf Basis der Temperaturen und Temperaturdifferenzen. Die Regelungseinheit 92 kann ausgelegt sein, zusätzlich Messsignale von Sensoren zu Volumenstrom, Druck, Leitfähigkeit, pH-Wert oder anderer physikalischer Größen in die Steuerung und/oder Regelung einzubeziehen.

[0101] Damit das thermische Koppelmodul 10 stabil in einem der vier Betriebsmodi betrieben wird, erfassen die Sensoren die aktuellen Betriebszustände in den Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂, im Wärmemedium des Wärmeabnehmers 300₁ und an oder in der Nähe der Eingänge der Energiespeicher Wärmetauscher 20₁ und 20₂ und des Wärmeabnehmer-Wärmetauschers 30₁ und geben diese Betriebszustände an die Regelungseinheit 92 weiter. Insbesondere wird durch die beiden Energiespeicher-Sensoren 26₁ und 26₂ jeweils die aktuelle Temperatur T_{ES} der Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ gemessen. Zudem messen die beiden Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensoren 54₁ und 54₂ jeweils eine aktuelle Temperatur des Wärmetransportmediums 90 am bzw. in örtlicher Nähe der Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingänge 22₁ und 22₂. Des Weiteren misst der Wärmeabnehmer-Sensor 36₁ die aktuelle Temperatur T_{WA} des Wärmemediums des Wärmeabnehmers 300₁, der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor 38₁ ermittelt den aktuellen Wärmebedarf am Wärmeabnehmer und der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber 82 ermittelt eine Verfügbarkeit einspeisbarer Überschussleistung und den Betrag der einspeisbaren Überschussleistung. Für einen stabilen Betrieb des thermischen Koppelmoduls 10 ermittelt vorzugsweise der Wärmequellen-Ausgang-Sensor 86 die Temperatur im Wärmetransportmedium 90, da dieser direkt hinter der Überschusseinspeisung an der Wär-

mequelle 80 sitzt und somit als Kontrolle dient, dass nicht zu viel Wärmeenergie in das Wärmetransportmedium des Koppelmoduls eingebracht wird.

[0102] Dabei steuert und/oder regelt die Regelungseinheit 92 eine Wärmeübertragung zwischen den Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ und den Energiespeicher-Wärmetauschern 20₁ und 20₂ derart, dass die beiden Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ möglichst durchgängig ähnliche oder gleiche Temperaturen aufweisen, um beispielsweise in Vanadium-Flow-Batterien ungewünschte Ausgleichsströme innerhalb der Batterie zu vermeiden.

[0103] Fig. 2 zeigt einen ersten Betriebsmodus für das thermische Koppelmodul 10 des zuvor für die Fig. 2 bis 5 beschriebenen thermischen Kopplungssystems 100. Dabei bewirkt der erste Betriebsmodus ein Kühlen und/oder thermisches Entladen des Wärmespeichermediums der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ und ein Aufheizen und/oder thermisches Aufladen des Wärmemediums des Wärmeabnehmers 300₁.

[0104] Im ersten Betriebsmodus steuert und/oder regelt die Regelungseinheit 92 das thermische Koppelmodul 10 derart, dass das Wärmeabnehmer-Abtrennventil 46 und die Energiespeicher-Abtrennventile 52 zumindest teilweise geöffnet, sowie das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil 62 und das Energiespeicher-Bypass-Ventil 72 geschlossen sind. Auf diese Weise entsteht ein Wärmekreislauf im verzweigten hydraulischen System und Wärme wird den Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ über die Energiespeicher-Wärmetauscher 20₁ und 20₂ entnommen und am Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁ auf das Wärmemedium des Wärmeabnehmers 300₁ übertragen. Zusätzlich kann dem Wärmetransportmedium 90 Wärmeenergie über die Wärmequelle 80 hinzugefügt werden. Dabei kühlt sich das Wärmetransportmedium 90 im Kreislauf am Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁ ab und wird in den Energiespeicher-Wärmetauschern 20₁ und 20₂ wieder aufgewärmt. In einem abgewandelten ersten Betriebsmodus, der auch als ein zusätzlicher Betriebsmodus ausgestaltet sein kann, regelt die Regelungseinheit 92 das thermische Koppelmodul 10 derart, dass alternativ das Energiespeicher-Bypass-Ventil 72 nicht vollständig geschlossen ist, sondern zumindest teilweise geöffnet. Dies entlastet durch den geringeren Volumenstrom und damit auch einen geringeren Druck in den Energiespeicher-Wärmetauschern 20₁ und 20₂ die elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ und eignet sich insbesondere bei einem geringen Bedarf an zusätzlicher Wärmeenergie am Wärmeabnehmer 300₁.

[0105] Um das thermische Koppelmodul 10 im ersten Betriebsmodus stabil zu betreiben, wertet die Regelungseinheit 92 vorzugsweise den vom Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor 38₁ ermittelten aktuellen Wärmebedarf am Wärmeabnehmer 300₁, die vom Einspeiseüberschuss-Informationsgeber 82 ermittelte aktuell verfügbare einspeisbare Überschussleistung an der Wärmequelle 80 und die aktuellen Betriebszustände der Temperatursensoren aus. Insbesondere prüft die Regelungseinheit 92, ob jeweils eine erste Temperaturdifferenz $\Delta T_1 = T_{ES} - T_{ES-EIN}$ zwischen den aktuellen Temperaturen T_{ES} der Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ und jeweils den aktuellen Temperaturen T_{ES-EIN} des Wärmetransportmediums 90 an den Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingängen 22₁ und 22₂ einen ersten Schwellwert T_{SW1} überschreitet ($\Delta T_1 > T_{SW1}$). Auf diese Weise stellt die Regelungseinheit fest, ob die Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ noch genügend Wärmeenergie gespeichert haben und/oder ob die Temperaturdifferenz ΔT_1 noch ausreicht, um Wärmeenergie über die Energiespeicher-Wärmetauscher 20₁ und 20₂ auf das Wärmetransportmedium 90 zu übertragen.

[0106] Wenn diese Betriebsbedingungen für den ersten Betriebsmodus aktuell noch erfüllt sind, kann die Regelungseinheit 92 Steuerungs- und/oder Regelungssignale generieren, die entweder die Ventilstellungen am Wärmeabnehmer-Abtrennventil 46 und an den Energiespeicher-Abtrennventilen 52 und damit die Volumenströme des Wärmetransportmediums 90 durch den Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁ und die Energiespeicher-Wärmetauscher 20₁ und 20₂ sowie die aktuelle Einspeisungsmenge externer Wärmeenergie über die Wärmequelle 80 beibehalten oder die Ventilstellungen und die Wärmeeinspeisung über neue Steuerungs- und/oder Regelungssignale abändern, um die Wärmenutzung aus den Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ und/oder der Wärmequelle 80 zu ändern bzw. zu optimieren. Insbesondere kann die Regelungseinheit 92 bei einer hohen Verfügbarkeit an externer Wärmeenergie, vorzugsweise aus erneuerbaren Energiequellen, die Wärmeeinspeisung aus den Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ reduzieren oder ganz stoppen, um ein unnötiges Entladen der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ zu vermeiden.

[0107] Die Steuerung und/oder Regelung durch die Regelungseinheit 92 in dem ersten Betriebsmodus ist so lange möglich, bis die Temperatur T_{ES} der Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ zumindest einige Grad (z.B. 2 °C) über der Temperatur des vom Wärmeabnehmer-Wärmetauschers 30₁ zurückgeführten Wärmetransportmediums 90 liegt. Alternativ oder zusätzlich

kann der elektrische Betrieb der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ für Abwärme sorgen und damit den Prozess der thermischen Entladung der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ verlängern.

[0108] Die Fig. 3 zeigt einen zweiten Betriebsmodus für das thermische Koppelmodul 10 des zuvor für die Fig. 2 bis 5 beschriebenen thermischen Kopplungssystems 100. Dabei bewirkt der zweite Betriebsmodus, dass bei einem erhöhten Überschuss an externer Wärmeenergie an der Wärmequelle 80 nicht nur die benötigte Wärmeleistung am Wärmeabnehmer 300₁ gedeckt wird, sondern gleichzeitig die Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ wieder thermisch aufgeladen werden.

[0109] Im zweiten Betriebsmodus steuert und/oder regelt die Regelungseinheit 92 das thermische Koppelmodul 10 derart, dass das Wärmeabnehmer-Abtrennventil 46 und die Energiespeicher-Abtrennventile 52 zumindest teilweise geöffnet sind, sowie das Energiespeicher-Bypass-Ventil 72 geschlossen ist und das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil 62 entweder geschlossen oder zumindest teilweise geöffnet ist. Auf diese Weise entsteht ein Wärmekreislauf im verzweigten hydraulischen System und externe Wärme wird über die Wärmequelle 80 in das Wärmetransportmedium 90 eingespeist. Die externe Wärme wird am Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁ auf das Wärmemedium des Wärmeabnehmers 300₁ und an den Energiespeicher-Wärmetauscher 20₁ und 20₂ auf die Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ übertragen.

[0110] Um das thermische Koppelmodul 10 im zweiten Betriebsmodus stabil zu betreiben, wertet die Regelungseinheit 92 vorzugsweise den vom Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor 38₁ ermittelten aktuellen Wärmebedarf am Wärmeabnehmer 300₁, die vom Einspeiseüberschuss-Informationsgeber 82 ermittelte aktuell verfügbare einspeisbare Überschussleistung an der Wärmequelle 80 und die aktuellen Betriebszustände der Temperatursensoren aus. Insbesondere überprüft die Regelungseinheit 92, ob jeweils eine zweite Temperaturdifferenz $\Delta T_2 = T_{ES-EIN} - T_{ES}$ zwischen jeweils den aktuellen Temperaturen T_{ES-EIN} des Wärmetransportmediums 90 an den Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingängen 22₁ und 22₂ und den aktuellen Temperaturen T_{ES} der Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ einen zweiten Schwellwert T_{SW2} überschreitet ($\Delta T_2 > T_{SW2}$). Auf diese Weise stellt die Regelungseinheit fest, ob das Wärmetransportmedium 90 in den Energiespeicher-Wärmetauschern 20₁ und 20₂ eine ausreichend hohe Temperatur aufweist bzw. genügend Wärmeenergie gespeichert hat, um die Wärmeenergie auf die Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ zu übertragen.

[0111] Wenn diese Betriebsbedingungen für den zweiten Betriebsmodus aktuell noch erfüllt sind, kann die Regelungseinheit 92 Steuerungs- und/oder Regelungssignale generieren, die entweder die Ventilstellungen am Wärmeabnehmer-Abtrennventil 46, an den Energiespeicher-Abtrennventilen 52 und am Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil 62 und damit die Volumenströme des Wärmetransportmediums 90 durch den Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁, die dritte Fluidleitung 60 und die Energiespeicher-Wärmetauscher 20₁ und 20₂ sowie die aktuelle Einspeisungsmenge externer Wärmeenergie über die Wärmequelle 80 beibehalten oder die Ventilstellungen und die Wärmeeinspeisung über neue Steuerungs- und/oder Regelungssignale abändern, um die Wärmenutzung aus der Wärmequelle 80 zu ändern bzw. zu optimieren.

[0112] Der zweite Betriebsmodus sorgt im Vergleich zum ersten Betriebsmodus dafür, dass die erlaubte maximale Temperatur des Wärmediums des Wärmeabnehmers 300₁ durch die zusätzliche Wärmeenergie aus der Wärmequelle 80 nicht überschritten und diese Wärmeenergie stattdessen zum thermischen Aufladen des elektrischen Energiespeichers verwendet wird.

[0113] Die **Fig. 4** zeigt einen dritten Betriebsmodus für das thermische Koppelmodul 10 des zuvor für die **Fig. 2 bis 5** beschriebenen thermischen Kopplungssystems 100. Der dritte Betriebsmodus wird eingesetzt, wenn kein Wärmebedarf am Wärmeabnehmer 300₁ besteht und die Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ thermisch nicht voll aufgeladen sind.

[0114] Im dritten Betriebsmodus steuert und/oder regelt die Regelungseinheit 90 das thermische Koppelmodul 10 derart, dass die Energiespeicher-Abtrennventile 52 und das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil 62 zumindest teilweise geöffnet, sowie das Wärmeabnehmer-Abtrennventil 46 und das Energiespeicher-Bypass-Ventil 72 geschlossen sind.

[0115] Auf diese Weise entsteht ein Wärmekreislauf im verzweigten hydraulischen System und externe Wärme wird über die Wärmequelle 80 in das Wärmetransportmedium 90 eingespeist. Diese externe Wärme wird an den Energiespeicher-Wärmetauschern 20₁ und 20₂ auf die Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ übertragen.

[0116] Um das thermische Koppelmodul 10 im dritten Betriebsmodus stabil zu betreiben, überprüft die Regelungseinheit 92 vorzugsweise über den Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor 38₁ aktuell weiter kein Wärmebedarf am Wärmeabnehmer 300₁ besteht und wertet die vom Einspeiseüberschuss-

Informationsgeber 82 ermittelte aktuell verfügbare einspeisbare Überschussleistung an der Wärmequelle 80 und die aktuellen Betriebszustände der Temperatursensoren aus. Insbesondere überprüft die Regelungseinheit 92, ob jeweils die zweite Temperaturdifferenz $\Delta T_2 = T_{ES-EIN} - T_{ES}$ den zweiten Schwellwert T_{SW2} überschreitet ($\Delta T_2 > T_{SW2}$). Auf diese Weise stellt die Regelungseinheit fest, ob das Wärmetransportmedium 90 in den Energiespeicher-Wärmetauschern 20₁ und 20₂ eine ausreichend hohe Temperatur aufweist bzw. genügend Wärmeenergie gespeichert hat, um die Wärmeenergie auf die Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ zu übertragen.

[0117] Wenn diese Betriebsbedingungen für den dritten Betriebsmodus aktuell noch erfüllt sind, kann die Regelungseinheit 92 Steuerungs- und/oder Regelungssignale generieren, die entweder die Ventilstellungen an den Energiespeicher-Abtrennventilen 52 und am Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil 62 und damit die Volumenströme des Wärmetransportmediums 90 durch die dritte Fluidleitung 60 und die Energiespeicher-Wärmetauscher 20₁ und 20₂ sowie die aktuelle Einspeisungsmenge externer Wärmeenergie über die Wärmequelle 80 beibehalten oder die Ventilstellungen und die Wärmeeinspeisung über neue Steuerungs- und/oder Regelungssignale abändern, um die Wärmenutzung aus der Wärmequelle 80 zu ändern bzw. zu optimieren.

[0118] Die **Fig. 5** zeigt einen vierten Betriebsmodus für das thermische Koppelmodul 10 des zuvor für die **Fig. 2 bis 5** beschriebenen thermischen Kopplungssystems 100. Dabei bewirkt der vierte Betriebsmodus bei vorzugsweise bereits thermisch teil- oder voll aufgeladenen Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂, hoher Verfügbarkeit zusätzlicher Wärmeenergie aus der Wärmequelle 80 und einem noch nicht voll aufgeladenen Wärmedium des Wärmeabnehmers 300₁ ein Aufladen des Wärmediums des Wärmeabnehmers 300₁ und ein Abkoppeln der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ vom thermischen Koppelmodul 10. Im vierten Betriebsmodus können auch Wartungsarbeiten an den elektrischen Energiespeichern 200₁ und 200₂ durchgeführt werden.

[0119] Im vierten Betriebsmodus steuert und/oder regelt die Regelungseinheit 92 das thermische Koppelmodul 10 derart, dass das Wärmeabnehmer-Abtrennventil 46 und das Energiespeicher-Bypass-Ventil 72 zumindest teilweise geöffnet sowie die Energiespeicher-Abtrennventile 52 und das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil 62 geschlossen sind.

[0120] Auf diese Weise entsteht ein Wärmekreislauf im verzweigten hydraulischen System und externe Wärme wird über die Wärmequelle 80 in das Wärmetransportmedium 90 eingespeist. Diese externe

Wärme wird am Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁ auf das Wärmemedium des Wärmeabnehmers 300₁ übertragen.

[0121] Um das thermische Koppelmodul 10 im vierten Betriebsmodus stabil zu betreiben, wertet die Regelungseinheit 92 vorzugsweise den vom Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor 38₁ ermittelten aktuellen Wärmebedarf am Wärmeabnehmer 300₁, die vom Einspeiseüberschuss-Informationsgeber 82 ermittelte aktuell verfügbare einspeisbare Überschussleistung an der Wärmequelle 80 und die aktuellen Betriebszustände der Temperatursensoren aus.

[0122] Optional kann die Regelungseinheit 92 prüfen, ob jeweils die erste Temperaturdifferenz ΔT_1 den ersten Schwellwert T_{SW1} überschreitet. Auf diese Weise stellt die Regelungseinheit 92 fest, ob die Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ bereits thermisch teil- oder voll aufgeladen sind und ein Wechsel in den zweiten Betriebsmodus deshalb nicht sinnvoll ist.

[0123] Wenn diese Betriebsbedingungen für den vierten Betriebsmodus aktuell noch erfüllt sind, kann die Regelungseinheit 92 Steuerungs- und/oder Regelungssignale generieren, die entweder die Ventilstellungen am Wärmeabnehmer-Abtrennventil 46 und am Energiespeicher-Bypass-Ventil 72 und damit die Volumenströme des Wärmetransportmediums 90 durch den Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30₁ und die vierte Fluidleitung 70 sowie die aktuelle Einspeisungsmenge externer Wärmeenergie über die Wärmequelle 80 beibehalten oder die Ventilstellungen und die Wärmeeinspeisung über neue Steuerungs- und/oder Regelungssignale abzuändern, um die Wärmenutzung aus der Wärmequelle 80 zu ändern bzw. zu optimieren.

[0124] So kann im vierten Betriebsmodus trotz teil- oder voll aufgeladener elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ oder Wartungsarbeiten an den elektrischen Energiespeichern 200₁ und 200₂ das thermische Koppelmodul 10 Überschussenergie an der Wärmequelle 80 nutzen, um damit das Wärmemedium des Wärmeabnehmers 300₁ aufzuwärmen. Auf diese Weise können lange Verweilzeiten der Wärmespeichermedien der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ bei hohen Temperaturen reduziert und die Jahresdurchschnittstemperatur des Wärmespeichermediums der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ verringert werden. Dadurch werden die elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ geschont und ein frühzeitiges Altern verhindert.

[0125] Neben den in den Fig. 2 bis 5 beschriebenen vier Betriebsmodi ist auch ein fünfter Betriebsmodus möglich, bei der die Regelungseinheit 92 eine Eispei-

sung von zusätzlicher Wärmeenergie in das Wärmetransportmedium 90 ganz ausschaltet, wenn beispielsweise das Wärmespeichermedium der elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ maximal mit Wärmeenergie beladen ist und keine Wärmeenergie mehr an das Wärmemedium des Wärmeabnehmers 300₁ abgegeben werden kann. Somit stellt die Regelungseinheit 90 des thermischen Koppelmoduls 10 mit solch einem fünften Betriebsmodus sicher, dass die elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ und der Wärmeabnehmer 300₁ nicht überhitzt. Zusätzliche Betriebsmodi zum Anfahren und Herunterfahren des thermischen Kopplungssystems 100, für die Wartung einzelner Komponenten innerhalb des thermischen Koppelmoduls 10, für spezifische Störungsbehebungen und für bestimmte Optimierungen einzelner Betriebsmodi sind ebenso möglich.

[0126] Bei Überschreitung von vordefinierten Betriebszuständen in den elektrischen Energiespeichern 200₁ und 200₂ und/oder im Wärmeabnehmer 300₁ und/oder bei einer Änderung der Verfügbarkeit zur Einspeisung von Überschussleistung an der Wärmequelle 80 und/oder einer Änderung des Wärmebedarfs am Wärmeabnehmer 300₁ sind die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit 94 und das Wärmebedarfsenergie-Prognosemodul 96 als Teil der Regelungseinheit 92 ausgelegt, um vorzugsweise automatisch Steuerungs- und/oder Regelungssignale zu generieren, die einen Übergang zwischen den mindestens vier Betriebsmodi ermöglichen. Diese Steuerungs- und/oder Regelungssignale basieren auf der zeitnahen Auswertung bzw. Echtzeitauswertung der Verfügbarkeit einspeisbarer Überschussleistung und/oder einspeisbarer Prognose-Überschussenergie an der Wärmequelle, des Wärmebedarfs am Wärmeabnehmer 300₁, sowie Sensorsignalen und insbesondere auf deren Temperaturmessungen und dem Vergleich zu vordefinierten Temperaturschwellwerten, bei deren Überschreitung ein Wechsel des Betriebsmodi ausgelöst werden kann. Die Steuerung und/oder Regelung für Übergänge zwischen den mindestens vier Betriebsmodi ist dabei ausgelegt, das thermische Koppelmodul 10, die elektrischen Energiespeicher 200₁ und 200₂ und den Wärmeabnehmer 300₁ vor thermischer Überlastung zu schützen und möglichst effizient zu betreiben.

[0127] Die Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung eines nicht erfindungsgemäßen thermischen Koppelungssystems ohne verzweigten Wärmekreislauf zu Vergleichszwecken mit den zuvor beschriebenen, bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung. Dabei wird einer von zwei elektrischen Energiespeichern 200₁ und 200₂ und ein Wärmeabnehmer 300₁ durch einen einfachen, unverzweigten Wärmekreislauf thermisch miteinander gekoppelt. Solch ein einfacher Wärmekreislauf könnte aus einem Energie-

speicher-Wärmekoppler und einem Wärmeabnehmer-Wärmekoppler bestehen, die über zwei Fluidleitungen direkt miteinander gekoppelt und durch eine Fluidpumpe angetrieben sind, wobei externe Wärme über eine Wärmequelle in ein Wärmetransportmedium an einer der Fluidleitungen eingespeist werden kann. Der Betrieb eines solchen Wärmekreislaufes würde in etwa dem ersten Betriebsmodus des erfindungsgemäßen thermischen Koppelmoduls 10 entsprechen.

[0128] Bei Einsatz einer Flow-Batterie, wie in **Fig. 6** gezeigt, entnimmt der Wärmekreislauf des Vergleichsbeispiels lediglich Wärme aus einem der beiden Tanks der Flow-Batterie, so dass ungewollte und nachteilige Ausgleichsströme in der Flow-Batterie auftreten werden. Vorteilhafterweise wird daher beim erfindungsgemäßen thermischen Koppelmodul 10 der Zufluss zu den beiden Wärmetauschern über die jeweiligen Ventile steuer- und/oder regelbar ausgeführt, um Ausgleichsströme verhindern zu können.

[0129] Zusätzlich ergeben sich aus dem Wärmekreislauf der **Fig. 6** folgende Limitierungen, die einen realen Einsatz unattraktiv machen.

[0130] Als erster Punkt ist zu nennen, dass es bei allen gängigen elektrischen Energiespeichern eine starke Begrenzung des zulässigen Temperaturbereiches für das elektrische Energiespeichermedium gibt. Beispielsweise weist eine Vanadium-Redox-Flow-Batterie meist nur ein zulässiges Temperaturfenster von rund 10 °C bis 40 °C auf. Bei einer flüssig-gekühlten Lithium-Ionen-Batterie sollte dessen Kühlflüssigkeit ebenfalls eine Temperatur von 40 °C nicht übersteigen, um eine verstärkte Alterung der Batterien zu vermeiden. Dabei ist die Wärmespeicherfähigkeit eines Wärmespeichers direkt proportional zur erreichbaren Temperaturdifferenz zwischen vollem und leerem Wärmespeicher. Wären die beiden Wärmetauscher wie im unflexiblen Wärmekreislauf der **Fig. 6** direkt verbunden, so wäre die maximale Speichertemperatur auf die maximal zulässige Temperatur im Speichermedium des elektrischen Energiespeichers beschränkt. In modernen Heizungssystemen ist teilweise eine Vorlauftemperatur von 30 °C - 40 °C ausreichend, der Großteil der Heizanwendungen und alle Warmwassersysteme benötigen aber eine Vorlauftemperatur und/oder eine Temperatur im Heizkessel von in der Regel 60 °C. Ältere Systeme benötigen noch höhere Temperaturen. Für die notwendigen 60 °C Vorlauftemperatur eines Warmwassersystems in einem Gebäude werden deshalb üblicherweise Heizkessel eingesetzt, die das Wasser auf die notwendigen 60 °C oder höher erwärmen können. Somit kann es nachteilig sein, einen Kreislauf zur Wärmerückgewinnung direkt mit der Wärmeversorgung eines Gebäudes zu verbinden.

[0131] Auch bei den erfindungsgemäßen Ausführungsformen ist es unter Umständen nicht sinnvoll, dauerhaft eine Temperatur von über 40 °C im Wärmespeichermedium eines Wärmespeichers zu halten, da als Wärmespeicher für ein thermisches Koppplungssystem das elektrische Energiespeichermedium eines elektrischen Energiespeichers genutzt werden soll. Deshalb stellt die erfindungsgemäße Lösung ein thermisches Koppelmodul 10 mit mehreren steuer- und/oder regelbaren Betriebsmodi bereit, insbesondere den ersten, zweiten und vierten Betriebsmodus zur Übertragung von Wärmeenergie auf einen Wärmeabnehmer 300_{1..n}, die alle auf ein ausreichendes Heizen des Wärme mediums im Wärmeabnehmer ausgelegt sind.

[0132] Als zweiter limitierender Punkt des unflexiblen Wärmekreislaufsystems des Vergleichsbeispiels ergibt sich, dass die über die Wärmequelle einspeisbare Leistung sehr begrenzt ist, da zu hohe Temperaturgradienten am Energiespeicher-Wärmetauscher einem elektrischen Energiespeicher unter Umständen schaden könnten.

[0133] Das erfindungsgemäße thermische Koppelmodul 10 hingegen kann bei Bedarf den elektrischen Energiespeicher 200_{1..n} im vierten Betriebsmodus (**Fig. 5**) abkoppeln. Auf diese Weise kann bedenkenlos hohe thermische Leistung in den Wärmekreislauf eingebracht werden. Das ist vor allem deshalb wichtig, da die Wärmeeinspeisung bevorzugt aus den volatilen Quellen der erneuerbaren Energien erfolgen sollte. Wind- und Sonnenenergie als die häufigsten Vertreter der erneuerbaren Energien besitzen eine Spitzenleistung, welche die Durchschnittsleistung um ein Vielfaches übertrifft.

[0134] Ein dritter limitierender Punkt des unflexiblen Wärmekreislaufs des Vergleichsbeispiels ergibt sich, wenn das Speichermedium des elektrischen Energiespeichers vollständig thermisch aufgeladen ist. Soll nun über die Wärmequelle Überschussenergie eingespeist werden, so wird über den unflexiblen Wärmekreislauf wieder kühles Wärmetransportmedium durch den Energiespeicher-Wärmetauscher am Speichermedium des elektrischen Energiespeichers vorbeigeführt. Der elektrische Energiespeicher würde sich also thermisch wieder entladen. Ein thermisch vollgeladener elektrischer Energiespeicher würde das Wärmetransportmedium im Wärmekreislauf zudem sehr nahe auf seine maximale Temperatur aufladen, so dass keine oder nur eine geringe externe Überschussenergie über die Wärmequelle hinzugefügt werden kann. Im Resultat kann in einem unflexiblen Wärmekreislauf bei einem thermisch geladenem Batteriesystem keine Überschussenergie mehr eingespeist werden.

[0135] Dieser Nachteil kann durch die bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen thermi-

schen Koppelmoduls 10 durch den vierten Betriebsmodus (**Fig. 5**) verhindert werden. Des Weiteren ist durch die Überbrückung des elektrischen Energiespeichers 200_{1..n} im vierten Betriebsmodus eine unkomplizierte Wartung des elektrischen Energiespeichers 200_{1..n} möglich, während das thermischen Koppelmodul 10 mittels Wärmequelle 80 weiter zur Vorwärmung des Wärmeabnehmers 300_{1..n} betrieben werden kann.

[0136] Ein vierter limitierender Punkt bei dem unflexiblen Wärmekreislauf des Vergleichsbeispiels von **Fig. 6** stellt die fehlende Möglichkeit dar, wirkungsvoll die Bildung von Legionellen in einem Kaltwasserzulauf eines Warmwasserspeichers zu verhindern. Insbesondere kann der unflexibler Wärmekreislauf ein länger anhaltendes Temperaturfenster von 30 °C bis 45 °C am Kaltwasserzulauf, in welchen sich Legionellen bilden können, nicht wirkungsvoll unterdrücken. Zudem ist es kaum möglich, den Kaltwasserzulauf schnell auf über 55 °C zu erwärmen, um bereits entstandene Legionellen abzutöten.

[0137] Auch diese Nachteile können durch das bevorzugte, erfindungsgemäße thermische Koppelmodul 10 durch den Betrieb im dritten und/oder vierten Betriebsmodus (**Fig. 4** und **5**) verhindert werden. Unabhängig von der Legionellenproblematik ist es energetisch vorteilhaft, den Wärmeabnehmer 300_{1..n} gemäß dem dritten Betriebsmodus auszukoppeln, wenn es zu diesem Zeitpunkt keine Wärmenachfrage gibt. Dadurch wird ein Druckverlust über dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher 30_{1..n} vermieden. Außerdem ist der Wärmeverlust im thermischen Koppelmodul 10 bei abgekoppeltem Wärmeabnehmer gering.

Bezugszeichenliste

10	thermisches Koppelmodul
20 _{1..n}	Energiespeicher-Wärmetauscher
22 _{1..n}	Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang
24 _{1..n}	Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang
26 _{1..n}	Energiespeicher-Sensor
30 _{1..m}	Wärmeabnehmer-Wärmetauscher
32 _{1..m}	Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang
34 _{1..m}	Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang
36 _{1..m}	Wärmeabnehmer-Sensor
38 _{1..m}	Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor

40	erste Fluidleitung
42	Wärmequellen-stromabwärtigen Leitungsabschnitt der ersten Fluidleitung
44	Wärmequellen-stromaufwärtigen Leitungsabschnitt der ersten Fluidleitung
46	Wärmeabnehmer-Abtrennventil
48 _{1..m}	Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensor
49 _{1..m}	Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor
50	zweite Fluidleitung
52	Energiespeicher-Abtrennventil
54 _{1..n}	Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensor
56 _{1..n}	Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor
60	dritte Fluidleitung
62	Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil
70	vierte Fluidleitung
72	Energiespeicher-Bypass-Ventil
80	Wärmequelle
82	Einspeiseüberschuss-Informationsgeber
84	Wärmequellen-Eingang-Sensor
86	Wärmequellen-Ausgang-Sensor
90	Wärmetransportmedium
92	Regelungseinheit
94	Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit
96	Wärmebedarfsenergie-Prognosemodul
98	Wärmetransportmedium-Pumpe
100	thermisches Kopplungssystem
200 _{1..n}	elektrischer Energiespeicher
300 _{1..n}	Wärmeabnehmer
302 _{1..n}	Wärmespeicher
304 _{1..n}	Kaltwasserzulauf

		Patentansprüche
T_{ES}	Temperatur des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers	
T_{ES_max}	maximale Temperatur des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers	
T_{ES_min}	minimale Temperatur des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers	
T_{ES_Notaus}	Notaus-Temperatur des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers	
T_{ES-EIN}	Temperatur des Wärmetransportmediums an dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang	1. Thermisches Koppelmodul (10) zur Wärmeübertragung zwischen mindestens einem elektrischen Energiespeicher (200 _{1..n}) und mindestens einem Wärmeabnehmer (300 _{1..n}), wobei das thermische Koppelmodul (10) umfasst: mindestens einen Energiespeicher-Wärmetauscher (20 _{1..n}), welcher zur Wärmeübertragung zwischen dem elektrischen Energiespeicher (200 _{1..n}) und einem Wärmetransportmedium (90) ausgelegt ist, wobei der Energiespeicher-Wärmetauscher (20 _{1..n}) einen Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang (22 _{1..n}) und einen Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang (24 _{1..n}) für das Wärmetransportmedium (90) aufweist;
T_{ES-AUS}	Temperatur des Wärmetransportmediums an dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang	mindestens einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher (30 _{1..m}), welcher zur Wärmeübertragung zwischen dem Wärmeabnehmer (300 _{1..n}) und dem Wärmetransportmedium (90) ausgelegt ist, wobei der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher (30 _{1..m}) einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang (32 _{1..m}) und einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang (34 _{1..m}) für das Wärmetransportmedium (90) aufweist;
T_{WA}	Temperatur des Wärmemediums des Wärmeabnehmers	eine erste Fluidleitung (40) für das Wärmetransportmedium (90) zur Fluidverbindung des Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgangs (24 _{1..n}) mit dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang (32 _{1..m});
T_{WA-EIN}	Temperatur des Wärmetransportmediums an dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang	ein in der ersten Fluidleitung (40) angeordnetes, steuerbares Wärmeabnehmer-Abtrennventil (46) zur Steuerung eines Volumenstroms des Wärmetransportmediums (90) durch das Wärmeabnehmer-Abtrennventil (46);
T_{WA-AUS}	Temperatur des Wärmetransportmediums an dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang	eine zweite Fluidleitung (50) für das Wärmetransportmedium (90) zur Fluidverbindung des Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgangs (34 _{1..m}) mit dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang (22 _{1..n});
T_{WQ-EIN}	Temperatur des Wärmetransportmediums stromaufwärtig der Wärmequelle und stromabwärtig eines ersten Fluidleitungsverbindungs punkts	ein in der zweiten Fluidleitung (50) angeordnetes, steuerbares Energiespeicher-Abtrennventil (52) zur Steuerung eines Volumenstroms des Wärmetransportmediums (90) durch das Energiespeicher-Abtrennventil (52);
T_{WQ-AUS}	Temperatur des Wärmetransportmediums stromabwärtig der Wärmequelle und stromaufwärtig eines zweiten Fluidleitungsverbindungs punkts	mindestens eine Wärmequelle (80) zur Einspeisung von Wärmeenergie in das Wärmetransportmedium (90) zwischen dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang (24 _{1..n}) und dem Wärmeabnehmer-Abtrennventil (46) in der ersten Fluidleitung (40);
ΔT_1	erste Temperaturdifferenz $T_{ES} - T_{ES-EIN}$	eine dritte Fluidverbindung (60) für das Wärmetransportmedium (90) zur Fluidverbindung des Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgangs (34 _{1..m}) mit einem Wärmequellen-stromabwärtigen Leitungsabschnitt (42) der ersten Fluidleitung (40) zwischen der Wärmequelle (80) und dem Wärmeabnehmer-Abtrennventil (46);
ΔT_2	zweite Temperaturdifferenz $T_{ES-EIN} - T_{ES}$	ein in der dritten Fluidleitung (60) angeordnetes, steuerbares Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil (62) zur Steuerung eines Volumenstroms des Wärmetransportmediums (90) durch das Wärmeabnehmer-
ΔT_3	dritte Temperaturdifferenz $T_{ES} - T_{WA}$	
T_{SW1}	erster Schwellwert	
T_{SW2}	zweiter Schwellwert	
T_{SW3}	dritter Schwellwert	

mer-Bypass-Ventil (62);
 eine vierte Fluidverbindung (70) für das Wärmetransportmedium (90) zur Fluidverbindung des Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang (34_{1..n}) mit einem Wärmequellen-stromaufwärtigen Leitungsabschnitt (44) der ersten Fluidleitung (40) zwischen dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang (24_{1..n}) und der Wärmequelle (80);
 ein in der vierten Fluidleitung (70) angeordnetes, steuerbares Energiespeicher-Bypass-Ventil (72) zur Steuerung eines Volumenstroms des Wärmetransportmediums (90) durch das Energiespeicher-Bypass-Ventil (72); und
 eine Regelungseinheit (92) zur Steuerung bzw. Regelung der Einspeisung von Wärmeenergie durch die Wärmequelle (80) und zur Steuerung bzw. Regelung der Wärmeübertragung zwischen dem elektrischen Energiespeicher (200_{1..n}) und dem Wärmeabnehmer (300_{1..n}) durch Steuerung bzw. Regelung des Volumenstroms des Wärmetransportmediums (90) durch das Wärmeabnehmer-Abtrennventil (46), das Energiespeicher-Abtrennventil (52), das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil (62) und das Energiespeicher-Bypass-Ventil (72);
 wobei das thermische Koppelmodul (10) zusätzlich umfasst:
 einen Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82), welcher ausgelegt ist, eine Verfügbarkeit und vorzugsweise einen Betrag einer einspeisbaren Überschussleistung zu ermitteln und an die Regelungseinheit (92) als Überschussleistungs-Verfügbarkeitsinformation und Überschussleistung-Betragsinformation auszugeben, wobei die einspeisbare Überschussleistung an die Wärmequelle (80) zur Erwärmung des Wärmetransportmediums (90) zuführbar ist, wobei der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) ausgelegt ist, die Überschussleistungs-Verfügbarkeitsinformation und die Überschussleistung-Betragsinformation an die Regelungseinheit (92) auszugeben, wenn
 - die einspeisbare Überschussleistung eine Überschussleistung aus erneuerbaren Energien ist; und/oder
 - die einspeisbare Überschussleistung eine thermische Überschussleistung ist, welche einer externen Wärmequelle entnehmbar ist; und/oder
 - die einspeisbare Überschussleistung eine elektrische Überschussleistung ist, welche zur Verringerung einer Netzüberlastung einem externen Stromnetz entnehmbar ist; und/oder
 - die einspeisbare Überschussleistung eine elektrische Überschussleistung ist, welchem einem Stromnetz zu einem Stromentnahmepreis pro Zeiteinheit entnehmbar ist, welcher unter einem Schwellwertentnahmepreis pro Zeiteinheit liegt; und/oder
 einen Energiespeicher-Sensor (26_{1..n}) zur Ermittlung eines Betriebszustandes des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}), insbesondere einer Temperatur (T_{ES}) eines Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}); und/oder

einen Wärmeabnehmer-Sensor (36_{1..n}) zur Ermittlung einer Temperatur (T_{WA}) eines Wärmemediums des Wärmeabnehmers (300_{1..n}); und/oder
 einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensor (48_{1..n}) zur Ermittlung eines Betriebszustandes des Wärmetransportmediums (90) an dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang (32_{1..n}), wobei der Betriebszustand des Wärmetransportmediums (90) eine Temperatur (T_{WA-EIN}) des Wärmetransportmediums (90) an dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang (32_{1..n}) beinhaltet; und/oder
 einen Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor (49_{1..n}) zur Ermittlung eines Betriebszustandes des Wärmetransportmediums (90) an dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang (34_{1..n}), wobei der Betriebszustand des Wärmetransportmediums (90) eine Temperatur (T_{WA-AUS}) des Wärmetransportmediums (90) an dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang (34_{1..n}) beinhaltet; und/oder
 einen Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensor (54_{1..n}) zur Ermittlung eines Betriebszustandes des Wärmetransportmediums (90) an dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang (22_{1..n}), wobei der Betriebszustand des Wärmetransportmediums (90) eine Temperatur (T_{ES-EIN}) des Wärmetransportmediums (90) an dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang (22_{1..n}) beinhaltet; und/oder
 einen Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor (56_{1..n}) zur Ermittlung eines Betriebszustandes des Wärmetransportmediums (90) an dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang (24_{1..n}), wobei der Betriebszustand des Wärmetransportmediums (90) eine Temperatur (T_{ES-AUS}) des Wärmetransportmediums (90) an dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang (24_{1..n}) beinhaltet; und/oder
 einen Wärmequellen-Eingang-Sensor (84) zur Ermittlung eines Betriebszustandes des Wärmetransportmediums (90) an einer ersten Sensorposition in der ersten Fluidleitung (40), wobei der Betriebszustand des Wärmetransportmediums (90) eine Temperatur (T_{WQ-EIN}) des Wärmetransportmediums (90) an der ersten Sensorposition beinhaltet, wobei die erste Sensorposition stromaufwärtig der Wärmequelle (80) und stromabwärtig eines ersten Fluidleitungsverbindungspunkts einer Verbindung der ersten Fluidleitung (40) mit der vierten Fluidleitung (70) liegt; und/oder
 einen Wärmequellen-Ausgang-Sensor (86) zur Ermittlung eines Betriebszustandes des Wärmetransportmediums (90) an einer zweiten Sensorposition in der ersten Fluidleitung (40), wobei der Betriebszustand des Wärmetransportmediums (90) eine Temperatur (T_{WQ-AUS}) des Wärmetransportmediums (90) an der zweiten Sensorposition beinhaltet, wobei die zweite Sensorposition stromabwärtig der Wärmequelle (80) und stromaufwärtig eines zweiten

Fluidleitungsverbindungspunkts einer Verbindung der ersten Fluidleitung (40) mit der dritten Fluidleitung (60) liegt; und/oder einen Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor (38_{1..n}) zur Ermittlung eines Betrags eines Wärmebedarfs des Wärmeabnehmers (300_{1..n}), wobei der Wärmebedarf eine Wärmeübertragungsleistung ist, die dem Wärmetransportmedium (90) von dem Wärmeabnehmer (300_{1..n}) über den Wärmeabnehmer-Wärmetauscher (30₁) entzogen wird; wobei der Energiespeicher-Sensor (26_{1..n}), der Wärmeabnehmer-Sensor (36_{1..n}), der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensor (48_{1..n}), der Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor (49_{1..n}), der Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensor (54_{1..n}), der Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor (56_{1..n}), der Wärmequellen-Eingang-Sensor (84), der Wärmequellen-Ausgang-Sensor (86) und der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor (38_{1..n}) jeweils ausgelegt sind, jeweils Messwerte des Betriebszustands zu ermitteln und zugeordnete jeweilige Messsignale als Eingangssignale für die Regelungseinheit (92) bereitzustellen.

2. Thermisches Koppelmodul (10) nach Anspruch 1, wobei die Regelungseinheit (92) konfiguriert ist, das thermische Koppelmodul (10) in mindestens vier Betriebsmodi zu regeln; wobei in einem ersten Betriebsmodus das Wärmeabnehmer-Abtrennventil (46) und das Energiespeicher-Abtrennventil (52) zumindest teilweise geöffnet sind, sowie das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil (62) und das Energiespeicher-Bypass-Ventil (72) geschlossen sind, um Wärmeenergie von dem elektrischen Energiespeicher (200_{1..n}) und/oder der Wärmequelle (80) zu dem Wärmeabnehmer (300_{1..n}) zu übertragen; wobei in einem zweiten Betriebsmodus das Wärmeabnehmer-Abtrennventil (46) und das Energiespeicher-Abtrennventil (52) zumindest teilweise geöffnet sind, sowie das Energiespeicher-Bypass-Ventil (72) geschlossen ist, und das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil (62) entweder geschlossen oder zumindest teilweise geöffnet ist, um Wärmeenergie von der Wärmequelle (80) zu dem elektrischen Energiespeicher (200_{1..n}) zu übertragen; und wobei in einem dritten Betriebsmodus das Energiespeicher-Abtrennventil (52) und das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil (62) zumindest teilweise geöffnet sind, sowie das Wärmeabnehmer-Abtrennventil (46) und das Energiespeicher-Bypass-Ventil (72) geschlossen sind, um Wärmeenergie von der Wärmequelle (80) zu dem elektrischen Energiespeicher (200_{1..n}) zu übertragen; und wobei in einem vierten Betriebsmodus das Wärmeabnehmer-Abtrennventil (46) und das Energiespeicher-Bypass-Ventil (72) zumindest teilweise geöffnet sind, sowie das Energiespeicher-Abtrennventil

(52) und das Wärmeabnehmer-Bypass-Ventil (62) geschlossen sind, um Wärmeenergie von der Wärmequelle (80) zu dem Wärmeabnehmer (300_{1..n}) zu übertragen.

3. Thermisches Koppelmodul (10) nach Anspruch 1 und 2, wobei in dem ersten Betriebsmodus

- der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor (38_{1..n}) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer (300_{1..n}) einen Wärmebedarf größer null aufweist;
- eine erste Temperaturdifferenz (ΔT_1) zwischen der Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) und der Temperatur (T_{ES-EIN}) des Wärmetransportmediums (90) an dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang (22_{1..n}) einen ersten Schwellwert (T_{SW1}) überschreitet, wobei der erste Schwellwert (T_{SW1}) größer oder gleich null ist; und vorzugsweise
- der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle (80) zuführbar ist; wobei in dem zweiten Betriebsmodus
- der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor (38_{1..n}) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer (300_{1..n}) einen Wärmebedarf größer null aufweist;
- eine zweite Temperaturdifferenz (ΔT_2) zwischen der Temperatur (T_{ES-EIN}) des Wärmetransportmediums an dem Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang (22_{1..n}) und der Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) einen zweiten Schwellwert (T_{SW2}) größer null überschreitet; und vorzugsweise
- der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle (80) zuführbar ist; wobei in dem dritten Betriebsmodus
- der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor (38_{1..n}) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer (300_{1..n}) keinen Wärmebedarf aufweist;
- die zweite Temperaturdifferenz (ΔT_2) den zweiten Schwellwert (T_{SW2}) größer null überschreitet; und
- der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle (80) zuführbar ist; wobei in dem vierten Betriebsmodus
- der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor (38_{1..n}) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer (300_{1..n}) einen Wärmebedarf größer null aufweist; und vorzugsweise
- der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle (80) zuführbar ist.

4. Thermisches Koppelmodul (10) nach Anspruch 1 und 2 oder nach Anspruch 3, wobei die Regelungseinheit (92) eine Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit (94) umfasst und die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit (94) ausgelegt ist, um zwischen den mindestens vier

Betriebsmodi des thermischen Koppelmoduls (10) zu wechseln; und

wobei, optional, der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) zusätzlich ausgelegt ist, eine Verfügbarkeit und vorzugsweise einen Betrag einer einspeisbaren Prognose-Überschussleistung in einem in der Zukunft liegenden Prognosezeitraum zu ermitteln und an die Regelungseinheit (92) als Prognose-Überschussenergie-Verfügbarkeitsinformation und Prognose-Überschussenergie-Betragsinformation auszugeben, wobei die einspeisbare Prognose-Überschussenergie in dem Prognosezeitraum an die Wärmequelle (80) zur Erwärmung des Wärmetransportmediums (90) zuführbar ist; und

wobei, optional, das thermische Koppelmodul (10) zusätzlich ein Wärmebedarfsenergie-Prognosemodul (96) umfasst, welches ausgelegt ist, eine Prognose-Wärmebedarfsenergie aus einem Prognose-Wärmebedarf in dem in der Zukunft liegenden Prognosezeitraum zu ermitteln;

wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit (94) ausgelegt ist,

- vom zweiten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den ersten Betriebsmodus zu wechseln, wenn
 - der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle (80) zuführbar ist;
 - der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor (38_{1..m}) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer (300_{1..n}) einen Wärmebedarf größer null aufweist;
 - der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers (300_{1..n}) größer oder gleich als der Betrag der einspeisbaren Überschussleistung ist, die von dem Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) ermittelt wird;
 - eine dritte Temperaturdifferenz (ΔT_3) zwischen der Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) und der Temperatur (T_{WA}) des Wärmemediums des Wärmeabnehmers (300_{1..n}) einen dritten Schwellwert (T_{SW3}) überschreitet; und
 - die Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) größer einer minimalen Temperatur (T_{ES_min}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) ist; und/oder
- vom ersten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus zu wechseln, wenn in einer ersten Alternative
 - der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle (80) zuführbar ist;
 - der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor (38_{1..m}) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer (300_{1..n}) einen Wärmebedarf größer null aufweist;
 - der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers (300_{1..n}) kleiner als der Betrag der einspeisbaren Überschussleistung ist, die von dem Einspeiseüber-

schuss-Informationsgeber (82) ermittelt wird;

- die Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) kleiner einer maximalen Temperatur (T_{ES_max}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) ist; und
- die zweite Temperaturdifferenz (ΔT_2) den zweiten Schwellwert (T_{SW2}) größer null überschreitet; und/oder

- vom ersten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den zweiten Betriebsmodus zu wechseln, wenn in einer zweiten Alternative
 - die Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) kleiner als die minimale Temperatur (T_{ES_min}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) ist;
 - der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor (38_{1..m}) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer (300_{1..n}) einen Wärmebedarf größer null aufweist; und
 - die zweite Temperaturdifferenz (ΔT_2) den zweiten Schwellwert (T_{SW2}) größer null überschreitet; und/oder
- vom ersten, zweiten oder vierten Betriebsmodus in den dritten Betriebsmodus zu wechseln, wenn in einer ersten Alternative
 - der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle (80) zuführbar ist;
 - der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor (38_{1..m}) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer (300_{1..n}) keinen Wärmebedarf aufweist; und
 - die Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) kleiner als eine maximale Temperatur (T_{ES_max}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) ist; und/oder
- vom ersten, zweiten oder vierten Betriebsmodus in den dritten Betriebsmodus zu wechseln, wenn in einer zweiten Alternative
 - die Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) kleiner als die minimale Temperatur (T_{ES_min}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) ist; und
 - der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor (38_{1..m}) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer (300_{1..n}) keinen Wärmebedarf aufweist; und/oder
- vom ersten, zweiten oder dritten Betriebsmodus in den vierten Betriebsmodus zu wechseln, wenn gemäß einem ersten Bedingungssatz
 - der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle (80) zuführbar ist;
 - der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor (38_{1..m}) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer (300_{1..n}) einen Wärmebedarf größer null aufweist;

- der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers ($300_{1..n\downarrow}$) größer als der Betrag der einspeisbaren Überschussleistung ist, die von dem Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) ermittelt wird; und
- die Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ($200_{1..n}$) größer oder gleich der minimalen Temperatur (T_{ES_min}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ($200_{1..n}$) ist; und/oder
- vom ersten, zweiten oder dritten Betriebsmodus in den vierten Betriebsmodus zu wechseln, wenn gemäß einem zweiten Bedingungssatz
- der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle (80) zuführbar ist;
- der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor ($38_{1..m}$) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer ($300_{1..n}$) einen Wärmebedarf größer null aufweist;
- der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers ($300_{1..n}$) kleiner als der Betrag der einspeisbaren Überschussleistung ist, die von dem Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) ermittelt wird; und
- die Summe aus der in dem Prognosezeitraum einspeisbaren Prognose-Überschussenergie und einer nutzbaren Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers ($200_{1..n}$) größer als die Prognose-Wärmebedarfsenergie in dem Prognosezeitraum ist, wobei die nutzbare Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers ($200_{1..n}$) eine Wärmeenergie des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ($200_{1..n}$) ist, die der dritten Temperaturdifferenz (ΔT_3) zwischen der Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ($200_{1..n}$) und der Temperatur (T_{WA}) des Wärmemediums des Wärmeabnehmers ($300_{1..n}$) zugeordnet ist; und/oder
- vom ersten, zweiten oder dritten Betriebsmodus in den vierten Betriebsmodus zu wechseln, wenn gemäß einem dritten Bedingungssatz
- der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist, die der Wärmequelle (80) zuführbar ist;
- der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor ($38_{1..m}$) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer ($300_{1..n\downarrow}$) einen Wärmebedarf größer null aufweist;
- der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers ($300_{1..n}$) kleiner als der Betrag der einspeisbaren Überschussleistung ist, die von dem Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) ermittelt wird;
- die Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ($200_{1..n}$) größer oder gleich als die maximale Temperatur (T_{ES_max}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ($200_{1..n}$) ist.

5. Thermisches Koppelmodul (10) nach Anspruch 4, wobei die Regelungseinheit (92) konfi-

- guriert ist, das thermische Koppelmodul (10) zusätzlich in einem fünften Betriebsmodus zu regeln, bei dem keine Wärmeenergie von dem elektrischen Energiespeicher ($200_{1..n}$) oder von der Wärmequelle (80) in das Wärmetransportmedium (90) eingespeist wird und bei dem optional sämtliche der Ventile geschlossen sind; und
- wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit (94) ausgelegt ist, von dem ersten, zweiten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den fünften Betriebsmodus zu wechseln, wenn, gemäß einem vierten Bedingungssatz,
- der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass keine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist; und
 - der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor ($38_{1..m}$) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer ($300_{1..n}$) keinen Wärmebedarf aufweist; und/oder
 - wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit (94) ausgelegt ist, von dem ersten, zweiten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den fünften Betriebsmodus zu wechseln, wenn, gemäß einem fünften Bedingungssatz,
 - der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung größer null verfügbar ist, die der Wärmequelle (80) zuführbar ist;
 - der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor ($38_{1..m}$) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer ($300_{1..n}$) keinen Wärmebedarf aufweist; und
 - die Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ($200_{1..n}$) größer oder gleich der maximalen Temperatur (T_{ES_max}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ($200_{1..n}$) ist; und/oder
 - wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit (94) ausgelegt ist, von dem ersten, zweiten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den fünften Betriebsmodus zu wechseln, wenn, gemäß einem sechsten Bedingungssatz,
 - der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass eine einspeisbare Überschussleistung größer null verfügbar ist, die der Wärmequelle (80) zuführbar ist;
 - der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor ($38_{1..m}$) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer ($300_{1..n}$) keinen Wärmebedarf aufweist;
 - die Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ($200_{1..n}$) kleiner als die maximale Temperatur (T_{ES_max}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers ($200_{1..n}$) ist; und
 - die Summe aus der in dem Prognosezeitraum einspeisbaren Prognose-Überschussenergie und einer nutzbaren Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers ($200_{1..n}$) größer als die Prognose-Wärmebedarfsenergie in dem Prognosezeitraum ist; und/oder
- wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit (94) ausgelegt ist, von dem ersten, zweiten, drit-

ten oder vierten Betriebsmodus in den fünften Betriebsmodus zu wechseln, wenn, gemäß einem siebten Bedingungssatz,

- der Einspeiseüberschuss-Informationsgeber (82) anzeigt, dass keine einspeisbare Überschussleistung verfügbar ist;
- der Wärmeabnehmer-Wärmebedarf-Sensor (38_{1..n}) anzeigt, dass der Wärmeabnehmer (300_{1..n}) einen Wärmebedarf größer null aufweist; und
- die Temperatur T_{ES} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) kleiner oder gleich der Temperatur T_{WA} des Wärmemediums des Wärmeabnehmers (300_{1..n}) und/oder kleiner oder gleich der minimalen Temperatur T_{ES_min} des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) ist; und/oder wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit (94) ausgelegt ist, von dem ersten, zweiten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den fünften Betriebsmodus zu wechseln, wenn die Regelungseinheit (92) als Eingangssignal eine sicherheitsrelevante Fehlermeldung und/oder ein Wartungssignal für das thermische Koppelmodul (10) erhält.

6. Thermisches Koppelmodul (10) nach Anspruch 4 oder 5, wobei die Regelungseinheit (92) ausgelegt ist, Zusatz-Wärmeenergie aus einer elektrischen Zusatzleistung aus dem Stromnetz von der Wärmequelle (80) in das Wärmetransportmedium (90) einzuspeisen, wenn der Wärmebedarf des Wärmeabnehmers (300_{1..n}) größer ist als die Summe der nutzbaren Wärmeenergie des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) und des Betrags der einspeisbaren Überschussenergie aus der einspeisbaren Überschussleistung; und optional wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit (94) ausgelegt ist, von dem fünften Betriebsmodus in einen vierten Betriebsmodus zu wechseln, wenn der siebte Bedingungssatz im thermischen Koppelmodul (10) erfüllt ist.

7. Thermisches Kopplungssystem (100), umfassend:
mindestens einen elektrischen Energiespeicher (200_{1..n});
mindestens einen Wärmeabnehmer (300_{1..n}); und
ein thermisches Koppelmodul (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zur Wärmeübertragung zwischen dem elektrischen Energiespeicher (200_{1..n}) und dem Wärmeabnehmer (300_{1..n}).

8. Thermisches Kopplungssystem (100) nach Anspruch 7, wobei der elektrische Energiespeicher (200_{1..n}) ausgelegt ist, Wärmeenergie von der Wärmequelle (80) und/oder Wärmeenergie aus der Verlustleistung des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) bei elektrischem Betrieb zu speichern.

9. Thermisches Kopplungssystem (100) nach Anspruch 7 oder 8, wobei der elektrische Energiespeicher (200_{1..n}) eine Lithium-Ionen-Batterie aufweist und der Energiespeicher-Wärmetauscher (20_{1..n}) als Temperaturregelungssystem der Lithium-Ionen-Batterie konfiguriert ist.

10. Thermisches Kopplungssystem (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei der elektrische Energiespeicher (200_{1..n}) eine Flow-Batterie, insbesondere eine Redox-Flow-Batterie und vorzugsweise eine Vanadium-Redox-Flow-Batterie aufweist.

11. Thermisches Kopplungssystem (100) nach Anspruch 10,
wobei das Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}), das Wärmetransportmedium (90) des thermischen Koppelmoduls (10) und das Wärmemedium des Wärmeabnehmers (300_{1..n}) jeweils ein flüssiges Medium ist;
wobei das thermische Kopplungssystem (100) derart konfiguriert ist, dass der Druck im Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) kleiner als der Druck im Wärmetransportmedium (90) ist und der Druck im Wärmetransportmedium (90) kleiner als der Druck im Wärmemedium des Wärmeabnehmers (300_{1..n});
wobei mindestens ein Sensor von dem Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Eingang-Sensor (48_{1..n}), Wärmeabnehmer-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor (49_{1..n}), Energiespeicher-Wärmetauscher-Eingang-Sensor (54_{1..n}), Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor (56_{1..n}), Wärmequellen-Eingang-Sensor (84) und Wärmequellen-Ausgang-Sensor (86) zusätzlich ausgelegt ist, Messwerte eines Drucks im Wärmetransportmedium (90) zu ermitteln; und/oder
wobei mindestens der Energiespeicher-Wärmetauscher-Ausgang-Sensor (56_{1..n}) oder mindestens der Wärmequellen-Eingang-Sensor (84) zusätzlich ausgelegt ist, Messwerte eines pH-Wertes und/oder einer Leitfähigkeit im Wärmetransportmedium (90) zu ermitteln; und/oder
wobei mindestens der Energiespeicher-Sensor (26_{1..n}) zusätzlich ausgelegt ist, Messwerte eines Drucks im Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) zu ermitteln;
wobei die Betriebsmodi-Übergangs-Regelungseinheit (94) ausgelegt ist, von dem ersten, zweiten, dritten oder vierten Betriebsmodus in den fünften Betriebsmodus zu wechseln und die Regelungseinheit (92) ausgelegt ist, eine weitere Zufuhr von thermischer und elektrischer Energie zum thermischen Kopplungssystem (100) zu unterbinden, wenn
○ ein Betrag einer Druckänderung im Wärmetransportmedium (90) einen ersten Druckänderungsschwellwert überschreitet; und/oder
○ ein Betrag einer pH-Wert-Änderung im Wärmetransportmedium (90) einen pH-Änderungsschwellwert überschreitet; und/oder

○ ein Betrag einer Leitfähigkeitsänderung im Wärmetransportmedium (90) einen Leitfähigkeits-Änderungsschwellwert überschreitet; und/oder

○ ein Betrag einer Druckänderung im Wärmespeichermedium des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) einen zweiten Druckänderungsschwellwert überschreitet;

und/oder

wobei ein Thermoschalter im elektrischen Energiespeicher (200_{1..n}) ausgelegt ist, eine weitere Zufuhr von thermischer und elektrischer Energie zum thermischen Kopplungssystem (100) zu unterbinden, wenn die Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) größer oder gleich einer vorbestimmten Notaus-Temperatur (T_{ES_Notaus}) ist, wobei die Notaus-Temperatur (T_{ES_Notaus}) größer als die maximale Temperatur (T_{ES_max}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) ist.

12. Thermisches Kopplungssystem (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 11, wobei die Regelungseinheit (92) ausgelegt ist, die Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums des elektrischen Energiespeichers (200_{1..n}) über den Energiespeicher-Wärmetauscher (20_{1..n}) derart zu regeln, dass die Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums eine vorbestimmte maximale Temperatur (T_{ES_max}) des Wärmespeichermediums nicht übersteigt, wobei die maximale Temperatur (T_{ES_max}) vorzugsweise eine Temperatur im Bereich von 30 °C und 60 °C ist, und weiter bevorzugt etwa 40 °C ist; und optional dass die Temperatur (T_{ES}) des Wärmespeichermediums der mindestens einen Flow-Batterie nach Anspruch 10 eine vorbestimmte minimale Temperatur (T_{ES_min}) des Wärmespeichermediums nicht unterschreitet, wobei die minimale Temperatur (T_{ES_min}) vorzugsweise eine Temperatur im Bereich von 5 °C und 20 °C ist, und weiter bevorzugt etwa 10 °C ist.

13. Thermisches Kopplungssystem (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 12, wobei der Wärmeabnehmer (300_{1..n}) einen Wärmespeicher (302_{1..n}), insbesondere einen Warmwasserspeicher, zur Speicherung von Wärmeenergie aufweist, welcher einen Kaltwasserzulauf (304_{1..n}) aufweist; und optional wobei die Regelungseinheit (92) ausgelegt ist, die Temperatur in dem Kaltwasserzulauf (304_{1..n}) und/oder in dem Wärmespeicher (302_{1..n}) für einen vorgegebenen Zeitraum über den Wärmeabnehmer-Wärmetauscher (30_{1..m}) derart zu regeln, dass die Temperatur eine Mindesttemperatur zum Aufbereiten von Wasser, insbesondere von Trinkwasser, erreicht.

14. Verfahren zur Wärmeübertragung zwischen mindestens einem elektrischen Energiespeicher

(200_{1..n}), einem thermischen Koppelmodul (10) umfassend eine Wärmequelle (80) und mindestens einem Wärmeabnehmer (300_{1..n}), wobei das Verfahren vier Betriebsmodi mit folgenden Schritten aufweist:

Übertragen von Wärmeenergie in einem ersten Betriebsmodus von dem elektrischen Energiespeicher (200_{1..n}) und/oder der Wärmequelle (80) zu dem Wärmeabnehmer (300_{1..n});

Übertragen von Wärmeenergie in einem zweiten Betriebsmodus von der Wärmequelle (80) zu dem Wärmeabnehmer (300_{1..n}) und zu dem elektrischen Energiespeicher (200_{1..n});

Übertragen von Wärmeenergie in einem dritten Betriebsmodus von der Wärmequelle (80) zu dem elektrischen Energiespeicher (200_{1..n}); und

Übertragen von Wärmeenergie in einem vierten Betriebsmodus von der Wärmequelle (80) zu dem Wärmeabnehmer (300_{1..n});

wobei das thermische Koppelmodul ein thermisches Koppelmodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

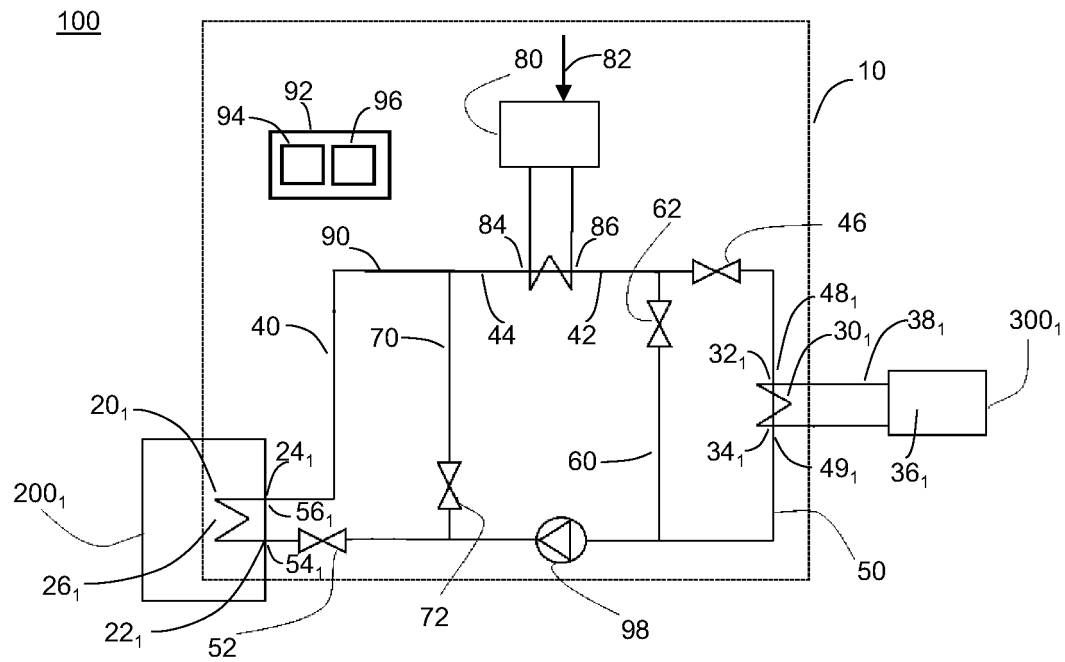


Fig. 1

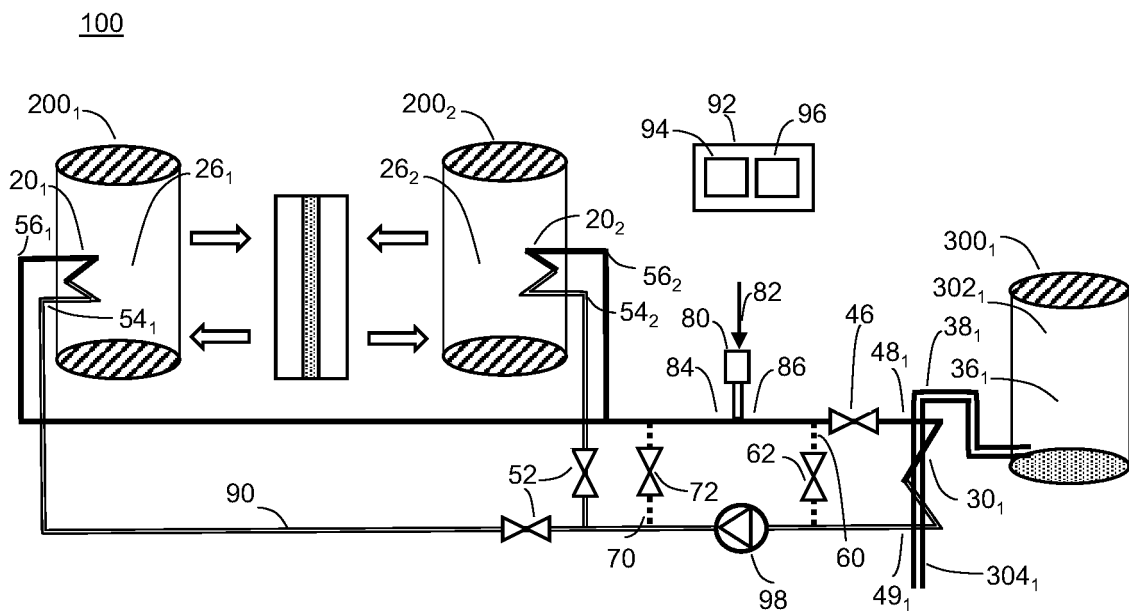


Fig. 2

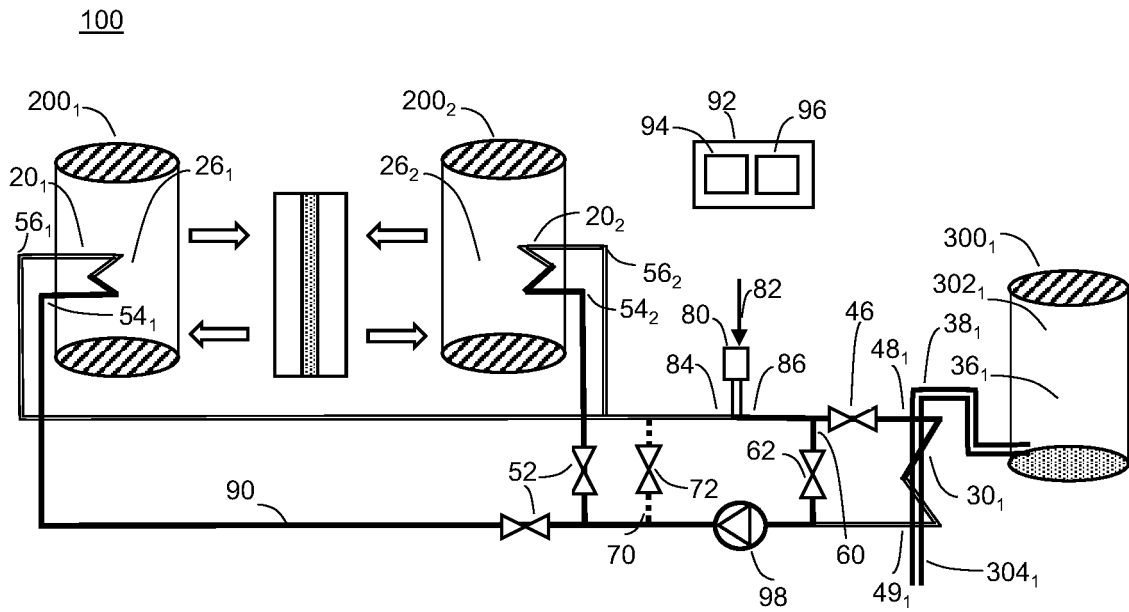


Fig. 3

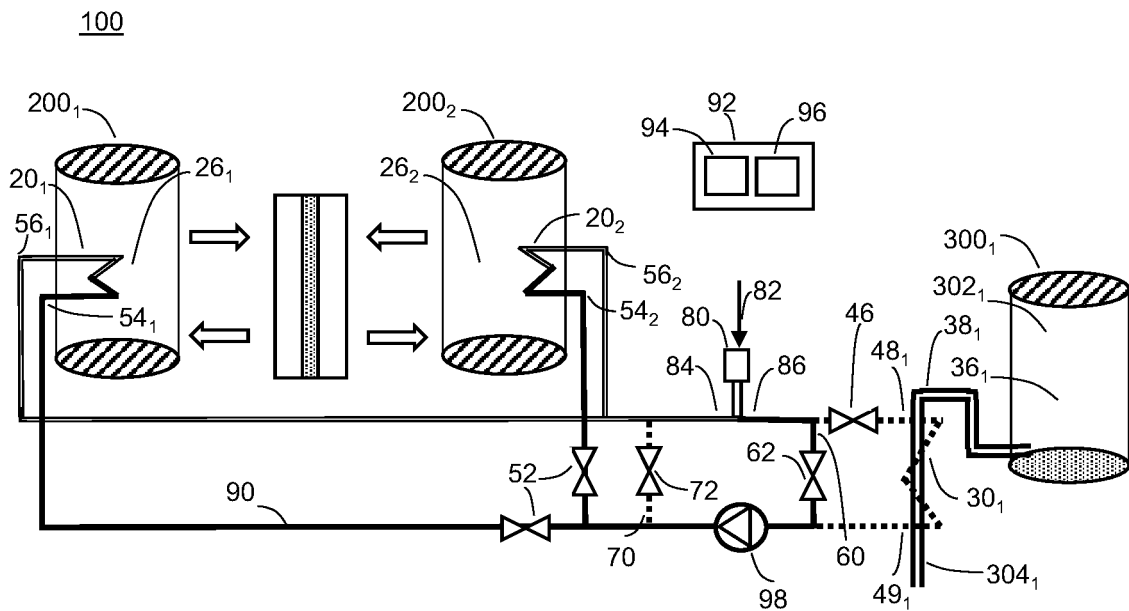


Fig. 4

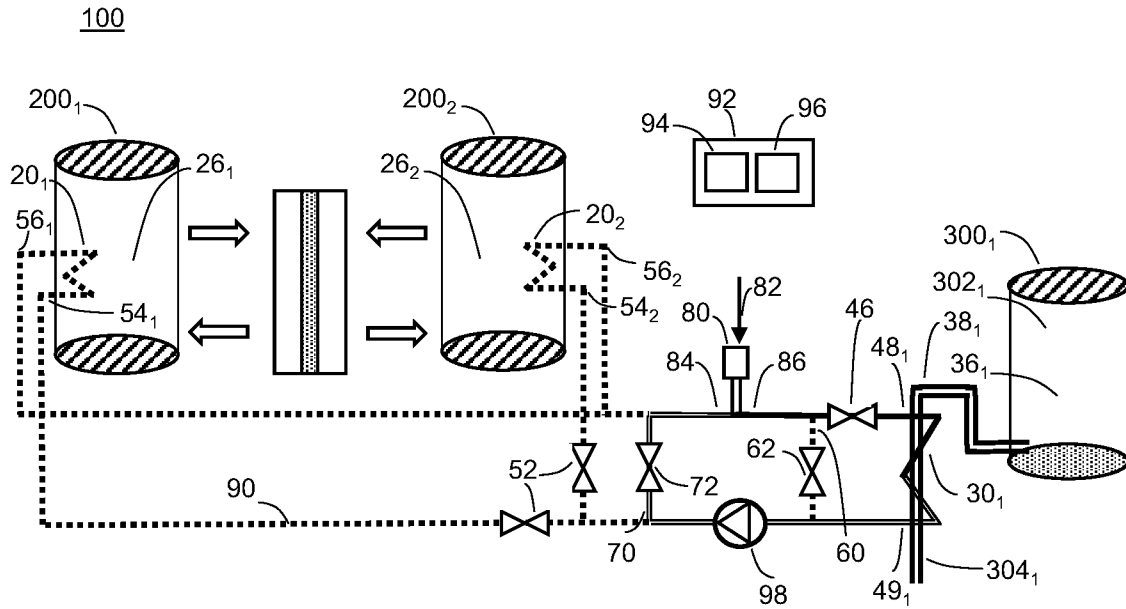


Fig. 5

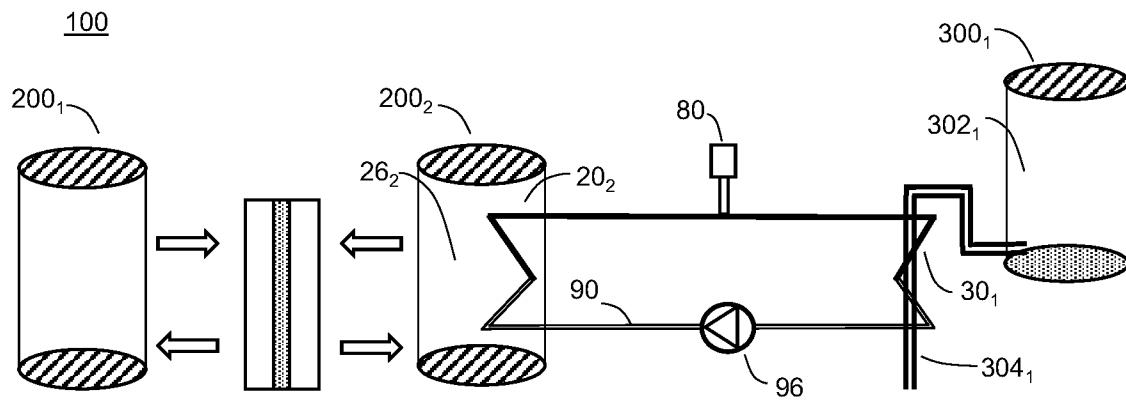


Fig. 6