

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. Juni 2009 (25.06.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/077163 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/010699

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Dezember 2008 (16.12.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 060 666.6
17. Dezember 2007 (17.12.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): DYNATRONIC GMBH [DE/DE]; Röntgenstr. 4,
86529 Schrobenhausen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHILLING, Ger-
hard [DE/DE]; Röntgenstrasse 4, 86529 Schrobenhausen
(DE).

(74) Anwalt: STRASS, Juergen; Prinz & Partner, Rund-
funkplatz 2, 80335 München (DE).

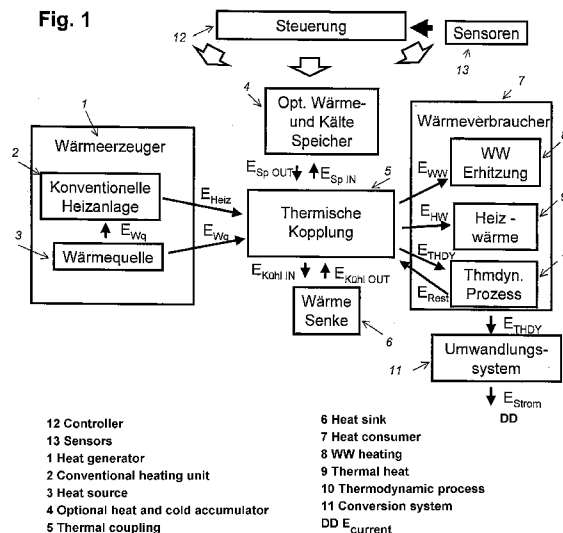
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,
MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CURRENT GENERATING HEATING SYSTEM

(54) Bezeichnung: STROM PRODUZIERENDES HEIZSYSTEM

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a heating system for an object, comprising a thermal coupling (5) of at least two heat generators (1), said coupling being controlled by a controller (12), wherein a first heat generator (1) is a conventional heating unit (2) and a second heat generator (1) is a heat source (3) provided on the object. The heating system further comprises a plurality of heat consumers (7) for the alternate heat and current generation. One of the heat consumers (7) comprises a conversion system (11) based on a thermodynamic cyclic process (10), particularly an ORC or Kalina cycle, for the conversion of thermal energy into electric current. The condensation heat occurring during the thermodynamic cyclic process (10) is transferred either to further heat users (7) or to a thermal heat sink (6) available on the object.

(57) Zusammenfassung: Ein Heizsystem für ein Objekt umfasst eine von einer Steuerung (12) geregelte thermische Kopplung (5) von wenigstens zwei Wärmeerzeugern (1), wobei ein erster Wärmeerzeuger (1) eine konventionelle Heizanlage (2) und ein zweiter Wärmeerzeuger (1) eine am Objekt verfügbare Wärmequelle (3) ist. Das Heizsystem umfasst ferner mehrere Wärmeverbraucher (7) zur wechselseitigen Wärme- und Stromproduktion.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/077163 A2



ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

Einer der Wärmeverbraucher (7) weist ein auf einem thermodynamischen Kreisprozess (10), insbesondere einem ORC- oder Kalina-Prozess, basierendes Umwandlungssystem (11) für die Umwandlung von thermischer Energie in elektrischen Strom auf. Die im thermodynamischen Kreisprozess (10) auftretende Kondensationswärme wird entweder an weitere Wärmeverbraucher (7) oder an eine am Objekt verfügbare thermische Wärmesenke (6) übertragen.

Strom produzierendes Heizsystem

Die Erfindung betrifft ein Heizsystem für ein Objekt, mit einer von einer Steuerung geregelten thermischen Kopplung von wenigstens zwei Wärmeerzeugern, wobei ein erster Wärmeerzeuger eine konventionelle Heizanlage und ein zweiter
5 Wärmeerzeuger eine am Objekt verfügbare Wärmequelle ist, und mit mehreren Wärmeverbrauchern zur wechselseitigen Wärme- und Stromproduktion.

Für die nachfolgende Beschreibung wird auf die angehängte "Liste verwendeter Begriffe und deren Bedeutungen" und die "Abkürzungsliste" hingewiesen.

In der Broschüre „Die HTP-Solar POWERSTATION®“ (Stand Februar 2007)
10 der HTP-Solar GmbH, Hückelhoven, wird ein Konzept für ein gattungsgemäßes Heizsystem für Wohnobjekte vorgestellt. Wesentliche Komponenten dieses Systems sind Solarkollektoren, ein Warmwasserspeicher, eine Solar/Luft-Wärmepumpe und ein Wärmewandler. Wie bei gängigen Solaranlagen wird die Sonneneinstrahlung von den Solarkollektoren in Wärme umgewandelt und an die Solar-
15 kollektor-Flüssigkeit abgegeben. Die Wärme wird direkt dem Warmwasserspeicher zur Erwärmung von Brauchwasser zugeführt. Bei mangelnder Sonneneinstrahlung werden die Solarkollektoren weiterhin zur Absorption der Umgebungsenergie (bestimmt durch die Umgebungstemperatur) genutzt. In diesem Fall gibt die Solarkollektor-Flüssigkeit die absorbierte Energie (Wärme) an die als Solar-
20 Wärmepumpe betriebene Wärmepumpe ab. Die Wärmepumpe pumpt diese Wärme unter Einsatz technischer Arbeit auf ein ausreichend hohes Niveau, das zur Erwärmung des Brauchwassers im Warmwasserspeicher und zum Heizen des Wohnobjekts geeignet ist. Wenn die Solarkollektoren hierfür witterungsbedingt nicht genügend Energie absorbieren können, wird die Wärmepumpe als
25 Luft-Wärmepumpe betrieben. In dieser Betriebsart wird Energie aus der Umgebung über einen integrierten Luft-Wärmetauscher zur Wassererwärmung und zum Heizen des Wohnobjekts zur Verfügung gestellt.

Eine Besonderheit dieses Systemkonzepts ist der Wärmewandler, der (insbesondere im Sommer vorhandene) überschüssige Wärmeenergie der Solarkollektor-Flüssigkeit in elektrischen Strom umwandeln kann. Unter Ausnutzung des
30

Seebeck-Effekts (zwischen zwei Punkten eines elektrischen Leiters, die verschiedene Temperatur haben, entsteht eine elektrische Spannung) wird in einem Leiterkreis durch Erwärmen einer Stelle mit Sonnenkollektor-Flüssigkeit und Kühlen einer anderen Stelle durch Außenluft eine Thermospannung erzeugt, die einen Gleichstrom fließen lässt. Mit Hilfe eines speziellen Wechselrichters wird der Gleichstrom in Wechselstrom mit einer Ausgangsspannung von 230 V und einer Frequenz von 50 Hz umgewandelt. Über einen Zähler kann der Wechselstrom in das Netz eines Stromversorgers eingespeist werden.

Eine andere Möglichkeit, mit Hilfe einer Solaranlage eines Heizsystems Strom zu erzeugen besteht darin, die von der Solaranlage gelieferte thermische Energie zunächst in mechanische Bewegungsenergie umzuwandeln, welche dann wiederum in elektrischen Strom umgewandelt wird. Dabei wird die Wärme der aufgeheizten Solarkollektor-Flüssigkeit vom Solarkreislauf über einen Wärmetauscher an ein Kühlmittel eines Kühlmittelkreislaufs abgegeben. Die dadurch erreichte Verdampfung des Kühlmittels führt zu einer starken Volumenvergrößerung des Kühlmittels, die zum Antrieb einer Turbine oder eines Kolbenmotors genutzt werden kann. Die für den Kühlmittelkreislauf erforderliche Volumenkontraktion des Kühlmittels durch Abkühlung und Kondensation erfolgt in einem Kondensator in kälterer Umgebung. Mittels einer Pumpe wird das flüssige Kühlmittel verdichtet und wieder dem Wärmetauscher zugeführt. Die Effizienz der Umwandlung der thermischen Energie in Bewegungsenergie ist bei solchen Systemen generell durch den Carnot-Wirkungsgrad begrenzt. Außerdem treten neben unvermeidlichen thermischen Verlusten auch Verluste auf, die dadurch bedingt sind, dass für solche Prozesse als Arbeitsmedium kein ideales Gas verwendet werden kann.

Die Stromerzeugung mit einem solchen System ist bislang schon alleine deshalb nicht rentabel, weil die Auswirkungen der sich dynamisch ändernden Solarenergiezufuhr und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Gesamtumwandlungseffizienz (insbesondere die Verluste bei häufigem Anlaufen, etc.) das Systemkonzept überfordern. Dem kann in gewissem Maße durch Vorsehen eines Wärmespeichers begegnet werden. Allerdings führt die sich dynamisch ändernde Solarenergiezufuhr zur Mischung von Arbeitsmedium-Mengen mit verschiedenen Temperaturen, was bei niedrigeren Mischtemperaturen aufgrund der überproportionalen Reduktion des Carnot-Wirkungsgrades eine unbefriedigende Gesamtumwandlungseffizienz bedeutet.

Insgesamt sind für eine wirtschaftliche Stromerzeugung bei thermischen Kleinanlagen (insbesondere für Wohnobjekte) folgende Randbedingungen und Anforderungen zu berücksichtigen:

5 - Ein hoher Carnot-Wirkungsgrad ist nur bei hohen Temperaturunterschieden
erzielbar;

 - im Falle einer Solaranlage als Primärwärmequelle: je höher die Solarkollektortemperatur ist, desto höher sind die Gestehungskosten und die thermischen Verluste in den Solarkollektoren;

10 - ein Kreisprozess mit Wasserdampf als Arbeitsmedium ist nur effizient bei
sehr hohen Primär-Temperaturen ($>200\text{ }^{\circ}\text{C}$);

 - für kleine Niederdruck-Anlagen fehlt es bislang an einem geeigneten System zur Umwandlung von Wärmeenergie in elektrischen Strom;

15 - für die Kreislauf-Prozesse sind sehr hohe Kühlleistungen erforderlich: niedrige Temperaturen sind aber nur über hohe Gestehungskosten (z. B. Erdsonden-Wasserkühlkreislauf) möglich; und

 - bei Wohnobjekten ist nur eine geringe Lärmemission akzeptabel.

Des Weiteren ist das Problem zu lösen, wie die verschiedenen Wärmeerzeuger, Wärmespeicher und Wärmeverbraucher am günstigsten miteinander thermisch gekoppelt werden können.

20 Die Erfindung schafft ein Heizsystem, das den o.g. Anforderungen gerecht wird.

25 Gemäß der Erfindung ist bei einem Heizsystem der eingangs genannten Art vorgesehen, dass einer der Wärmeverbraucher ein auf einem thermodynamischen Kreisprozess, insbesondere einem ORC- oder Kalina-Prozess, basierendes Umwandlungssystem für die Umwandlung von thermischer Energie in elektrischen Strom aufweist, und dass die im thermodynamischen Kreisprozess auftretende Kondensationswärme entweder an weitere Wärmeverbraucher oder an eine am Objekt verfügbare thermische Wärmesenke übertragen wird.

30 Die Erfindung zielt primär auf ein Heizsystem für Wohnobjekte ab, mit dem die Räume des Objekts und/oder das Brauchwasser des Objekts (Wärmever-

braucher) beheizt werden. Erstmals wird ein System vorgeschlagen, bei dem „im kleinen Rahmen“ (d. h. nicht im Großanlagen- bzw. Kraftwerksbau) eine konventionelle Heizanlage mit einem thermodynamischen Kreislauf, beispielsweise mit einem ORC-Kreislauf (Organic Rankine Cycle) kombiniert wird, um auf diese Weise eine effiziente Option zur Erzeugung von elektrischem Strom zu schaffen. Bislang wurden ORC-Anlagen selten im Kleinlastbereich eingesetzt, da der Wirkungsgrad herkömmlicher ORC-Anlagen in diesem Bereich allgemein als zu gering angesehen wird.

In der Regel besteht bei einer solarunterstützten Heizanlage ein inverses Verhältnis zwischen der Verfügbarkeit der solaren Primärenergie und dem Heizbedarf, d. h. im Sommer steht zwar viel Primärenergie zur Verfügung, es besteht aber kaum oder nur wenig Heizbedarf, während im Winter das Umgekehrte gilt. Die Erfindung nutzt gerade dieses inverse Verhältnis aus, und zwar dahingehend, dass die überschüssige Primärenergie in elektrischen Strom umgewandelt wird. Durch eine mehrfache Ressourcen-Doppelnutzung der bereits in der solarunterstützten Heizanlage vorhandenen Komponenten, der Solarkollektoren, der Wärmespeicher, der Heizanlage und der Heizkörper, sind hierbei nur die Gesteungskosten des Umwandlungssystems plus lohnenswerte Erweiterungen, wie zusätzliche Kollektorfläche und Speichervolumen, zur Solarstromproduktion aufzubringen. Es wird vorteilhaft eine hohe Gesamtsystemauslastung der kostenintensiven Kollektorfläche erreicht, da es im Sommer kein Überangebot an Solarwärme mehr gibt und im Winter das Solarangebot über die Heizanlage nutzbar gemacht wird.

Eine Besonderheit der Erfindung besteht darin, dass die Komponenten der Heizanlage in den Prozess der Stromgewinnung einbezogen werden, so dass die Ressourcen der Heizanlage doppelt genutzt werden können. Dies reduziert die Gesamtgestehungskosten erheblich und ermöglicht eine effizienzsteigernde hohe Gesamtsystemauslastung. Das Gleichgewicht zwischen der thermischen Energieerzeugung und dem thermischen Energiebedarf wird dabei von der Steuerung vorzugsweise nach folgender Formel periodisch ermittelt und eingestellt:

$$E_{\text{Heiz}}(t) + E_{\text{Wq}}(t) = E_{\text{VW}}(t) + E_{\text{HW}}(t) + E_{\text{THDY}}(t) + E_{\text{Rest}}(t).$$

Durch die thermische Ankopplung einer am Objekt befindlichen Wärmesenke an den thermodynamischen Kreisprozess wird eine maximale Temperatursprei-

zung zwischen dem Temperaturniveau der am Objekt befindlichen thermischen Quelle (T_{Wq}) und dem Temperaturniveau einer am Objekt befindlichen Wärmesenke (T_{Ws}) erreicht.

- Der theoretisch mögliche Carnot-Wirkungsgrad bei der Umwandlung der thermischen Energie ergibt sich somit aus der Formel:

$$\eta_{\text{CARNOT}} = 1 - T_{Ws} / T_{Wq}$$

- Eine Steuerung stellt zu jedem Zeitpunkt eigenständig, aufgrund von Sensoren zur Erfassung von prozessbeeinflussenden Parametern, den jeweils günstigsten Betrieb durch Veränderungen an den Prozessregelgrößen (wie z. B. Durchlaufgeschwindigkeit der Kreisläufe, etc.) ein.

- Die Stromgewinnung mit Hilfe des thermodynamischen Kreisprozesses erfolgt dadurch, dass das Arbeitsmedium, vorzugsweise ein Kühlmittel mit niedrigem Siedepunkt, verdampft wird, wobei durch die Verdampfung ein hoher Druck entsteht. Dieser kann in Form von Volumenänderungsarbeit bei der Expansion des Gases in mechanischer Bewegungsenergie entnommen und dabei in elektrische Energie umgewandelt werden. Durch die Verwendung eines für den thermodynamischen Kreisprozess geeigneten Mediums, z. B. R245fa oder ein speziell für diese Anwendung entwickeltes ORC-Medium, das sich neben den erforderlichen guten Wärmeübertragungseigenschaften, auch dadurch auszeichnet dass im Medium im erforderlichen Kondensations-Temperaturbereich kein Unterdruck relativ zum Umgebungsdruck entsteht, da die im Unterdruck technisch auf Dauer nur schwer zu vermeidenden eindringende Luft die des Effizienz thermodynamischen Kreisprozess reduziert. Des Weiteren sollte vor der Expansion nur eine möglichst geringe Überhitzung des verdampften Gases nötig sein, da die bei der Überhitzung hinzugefügte Energie die Energieausbeute des thermodynamischen Kreisprozesses nicht steigert.

- Für das erfindungsgemäße Heizsystem ist eine Steuerung vorgesehen, welche vorzugsweise aufgrund von Sensordaten jeden Wärmeaustausch zwischen einzelnen Komponenten des Heizsystems durch eine Regelung der auftretenden Wärmeströme so einstellt, dass eine möglichst effektive und vollständige Übertragung der Wärmeenergie des jeweils wärmeren Mediums auf das jeweils kältere stattfindet.

Vorzugsweise ist das erfindungsgemäße Heizsystem so aufgebaut, dass ein oder mehrere Wärme- und/oder Kältespeicher sowohl an einen oder mehrere Wärmeenergieerzeugerkreisläufe als auch an einen oder mehrere Verbraucher-
kreisläufe thermisch gekoppelt ist/sind, wodurch eine mehrfache und effektive
5 Nutzung gespeicherte Wärmeenergie ermöglicht wird. Das Gleichgewicht zwischen der thermischen Energieerzeugung und dem thermischen Energiebedarf wird dabei von der Steuerung nach folgender Formel periodisch ermittelt und eingestellt.

$$E_{\text{Heiz}}(t) + E_{Wq}(t) + E_{\text{Sp OUT}}(t) = E_{\text{WW}}(t) + E_{\text{HW}}(t) + E_{\text{THDY}}(t) + E_{\text{Sp IN}}(t) + E_{\text{Rest}}(t).$$

10 Besonders vorteilhaft ist dabei die Verwendung eines möglichst additiv ausgeführten Wärmespeichers mit unterschiedlichen Temperaturniveaus, bei dem sowohl erzeuger- als auch verbraucherseitig (sowohl im Vorlauf als auch im Rücklauf) ein Wärmeaustausch jeweils auf einem wählbaren, im Wärmespeicher verfügbaren bestmöglichen Temperaturniveau stattfindet. Auch können platzsparende Latentwärmespeicher mit einem Speichermedium, welches einen Phasenwechsel (vorzugsweise von fest nach flüssig) im erforderlichen Speichertemperaturbereich vollzieht, oder thermochemische Wärmespeicher verwendet werden.
15

Eine weitere Besonderheit einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Heizsystems besteht darin, dass ein im Wärmespeicher oder an
20 der am Objekt verfügbaren Wärmequelle (T_{Wq}) vorherrschendes Niedertemperaturniveau, das höher als die Temperatur der Wärmesenke (T_{Ws}) ist, sowohl zur Stromproduktion als auch zur Heizwärmegewinnung nutzbar gemacht wird, indem die konventionelle Heizanlage das vorhandene Niedertemperaturniveau um den verbleibenden Temperaturbereich bis zu einer verbrauchsabhängigen Solltemperatur weiter erwärmt.
25

Der Gesamtaufbau des Heizsystems sollte so gestaltet sein, dass jeder Wärmeenergieerzeuger einzeln oder in thermisch additiver Kopplung mit anderen Erzeugern oder Speichern, jeden beliebigen Wärmeverbraucher einzeln oder mehrere Verbraucher gleichzeitig mit thermischer Energie versorgen kann. Diese
30 Anforderung wird im Gesamtaufbau technisch so realisiert, dass jeder Wärmeerzeuger mit jedem Wärmeverbraucher, jedem Wärmespeicher oder mit jedem anderen Wärmeerzeuger direkten Wärmeaustausch betreibt. Im Falle gleicher Wärmeträgermedien ist vorzugsweise ein kostengünstiger Mediumsaustausch

vorgesehen. Um allgemein die Energieübertragungseffizienz zu erhöhen, werden bei der Wärmeübertragung von unterschiedlichen Medien gegenläufige Wärmetauscher bevorzugt.

Somit kann das erfindungsgemäße Heizsystem wahlweise in einer ersten Betriebsart, in der die von dem einem oder mehreren Wärmeerzeugern erzeugte oder gespeicherte Wärme zum Beheizen oder zum Füllen der Wärmespeicher produziert wird, in einer zweiten Betriebsart, in der die erzeugte Wärme dem thermodynamischen Kreisprozess zur Stromproduktion zugeführt wird, oder einer dritten Betriebsart, in der die erzeugte Wärme dem thermodynamischen Kreisprozess zur Stromproduktion zugeführt wird, wobei die aus dem thermodynamischen Kreisprozess entstehende Restwärme zum Beheizen verwendet oder gespeichert wird, betrieben werden.

Die Steuerung des Heizsystems bestimmt dabei selbsttätig anhand vorher festgelegter Kriterien, in welcher der Betriebsarten das Heizsystem betrieben wird. Auch kann die Steuerung Informationen vom Stromversorger des Objekts dazu verwenden, um die Stromproduktion in besonders lohnenswerten Zeiträumen zu ermöglichen. Diese Informationen können auch prognostizierte Daten bezüglich der zu erwartenden Sonneneinstrahlung beinhalten.

Die bevorzugte Option für die Stromerzeugung ist ein an den thermodynamischen Kreisprozess gekoppeltes, lineares Umwandlungssystem mit einem oder mehreren Druckzylindern, einem Lineargenerator, einer Filter- und Gleichrichtereinheit zur Umwandlung thermodynamischer Energie in elektrische Energie. Das lineare Umwandlungssystem sieht eine an den thermodynamischen Kreisprozess gekoppelte und daraufhin speziell abgestimmte Kolben-Zylinder-Einheit zur Umwandlung der thermodynamischen Energie zunächst in Bewegungsenergie vor, die dann mittels eines ebenfalls speziell für diese Anwendung abgestimmten Lineargenerators elektrische Energie erzeugt, welche mittels eines Netzrichters in eine zur Netzeinspeisung geeignete Wechselspannung umgewandelt wird. Eine geeignete Druckzylinder-Lineargenerator-Anordnung zeichnet sich sowohl durch eine hohe Gesamtumwandlungseffizienz, niedrige Gestehungskosten, leisen Betrieb als auch durch eine lange Lebensdauer aus, da Quer- und Rotationskräfte nicht existieren.

Ein weiterer Vorteil dieses Linearsystems, ergibt sich daraus, dass der Kolben Kolben-Zylinder-Einheit durch Einströmen des Arbeitsmediums in einen Arbeitsraum des Druckzylinders bewegt wird und die Steuerung nach Auswertung von Sensordaten automatisch Beginn und Dauer des Einströmens bestimmt und dadurch eine Umwandlung mit einem unter den gegebenen Umständen maximal erzielbaren Wirkungsgrad veranlasst.

Grundsätzlich ist aber auch eine Stromerzeugung mit einem an den thermodynamischen Kreisprozess gekoppelten Umwandlungssystem mit einer Maschine, insbesondere einem daraufhin speziell abgestimmten Druckluftmotor oder einer Turbine, zur Umwandlung von Druckenergie zunächst in Rotationsenergie, welche mittels eines ebenfalls speziell für diese Anwendung abgestimmten Generators dann in elektrische Energie gewandelt wird.

Bei dieser Ausführungsform kann ferner ein Einlassventil am Umwandlungssystem von thermodynamischer Energie in Rotationsenergie vorgesehen sein, das von der Steuerung nur dann geöffnet wird, wenn aufgrund von Sensordaten ein vorher festgelegter hoher Wirkungsgrad für die Umwandlung erzielbar ist. Die Verluste durch häufigen Anlauf und Abschaltung können durch einen Abschaltmechanismus, der den Generator als Last für das Umwandlungssystem dann abschaltet, wenn das Einlassventil nicht geöffnet ist, verringert werden, da somit während der Unterbrechung eine lastfreie Rotation im Leerlauf fortgesetzt werden kann.

Eine weitere Möglichkeit diese bei Rotationssystemen auftretenden Verluste zu minimieren ist die Verwendung eines Scroll-Expanders oder einer DiPietro-Engine als Motor und die Verwendung eines RMT-Generators. Beide Komponenten zeichnen sich in dem erforderlichen Leistungsbereich bereits bei niedrigen Drehzahlen sowohl durch einen hohen Wirkungsgrad bei der Umwandlung, als auch durch sehr geringe Anlauf- und Abschaltverluste aus.

Selbstverständlich kann die am Generator erzeugte elektrische Spannung auch anderweitig verwendet werden. Anstatt der Erzeugung von Netzspannung können mittels eines geeigneten Konverters Batterieladespannungen, z. B. für Lithium-Ionen-Batterien für Elektrofahrzeuge, oder geeignete Spannungen, um damit mittels Elektrolyse Wasserstoff zu gewinnen, erzeugt werden. Auch kann

die vom Umwandlungssystem erzeugte kinetische Energie anderweitig, z. B. zur Kühlung von Raumluft mittels einer „Kältemaschine“ verwendet werden.

Gemäß einer weiteren Besonderheit einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Heizsystems ist eine kostengünstige Realisierung der erforderlichen direkten thermischen Kopplung jedes Wärmeerzeugers mit jedem Wärmeverbraucher und Wärmespeicher durch Mehrfachnutzung eines gemeinsamen Wärmeträgermediums gegeben. Indem das Wärmeträgermedium jeden Wärmeerzeuger durchfließt, sind keine Wärmetauscher zwischen den Wärmeerzeugern erforderlich. Weiterhin kann das Wärmeträgermedium, jeweils angekoppelt über einen Wärmetauscher, auch als Transportmedium zum Transport der erzeugten Wärmeenergie zu jedem einzelnen Wärmeverbraucher und von und zum Wärmespeicher genutzt werden, wobei das Wärmeträgermedium zusätzlich oder alternativ auch als Speichermedium dienen kann. Der Energiefluss der über dieses Medium transportiert wird, wird von der Steuerung vorzugsweise nach folgender Formel periodisch ermittelt und eingestellt:

$$E_{\text{Heiz}}(t) + E_{\text{Wq}}(t) + E_{\text{Erz Sp OUT}}(t) = E_{\text{WW}}(t) + E_{\text{HW}}(t) + E_{\text{THDY}}(t) + E_{\text{Erz Sp IN}}(t)$$

Dasselbe Verfahren kann auch verbraucherseitig angewandt werden. Für die direkte thermische Kopplung der Wärmespeicher an jeden Verbraucher wird ein Heizkörperkreislauf-Medium als gemeinsames Wärmeträgermedium zum Wärmetransport zu und von den Wärme-, und Kältespeichern mehrfach genutzt, wobei das Heizkörperkreislauf-Medium vorzugsweise, da kostengünstig, gleichzeitig als Speichermedium und/oder zusätzlich als Transportmedium für den Transport der erzeugten Wärmeenergie und der Restwärme des thermodynamischen Kreisprozesses genutzt wird.

Der Energiefluss, den dieses Medium transportiert, wird von der Steuerung nach folgender Formel periodisch ermittelt und eingestellt:

$$E_{\text{Erz}}(t) + E_{\text{Hz Sp OUT}}(t) + E_{\text{THDY-Resi}}(t) = E_{\text{HW}}(t).$$

Eine mögliche Zielapplikation ist eine „Strom produzierende Solarheisanlage“ für ein Wohnobjekt, umfassend eine thermische Kopplung von thermischen Solarkollektoren mit einer konventionellen Heizanlage, einen oder mehrere Wärmespeicher, einen thermodynamischen Kreisprozess, ein vorstehend beschriebenes Umwandlungssystem zur Umwandlung von thermischer in elektrische Energie

und eine thermische Wärmesenke, z. B. ein Luftfeuchte-Wärmetauscher, ein Erdkollektor, eine Erdsonde, ein Gewässer, eine Luftkühlung oder ein Kältespeicher.

5 Eine deutliche Kostenersparnis ist beim erfindungsgemäßen Heizsystem dadurch erreichbar, wenn systembedingt auf die Anschaffung der thermischen Wärmesenke verzichtet werden kann, indem bereits vorhandene Komponenten in einer Doppelfunktion als Wärmesenke verwendet werden. Erstens kann dazu die von den bereits vorhandenen thermischen Solarkollektoren in der Nacht aufgenommen Umgebungskühle verwendet und für die Bereitstellung dieser Kälte tag-
10 süber zur Solarstromproduktion im bereits vorhandenen Speicher zwischengespeichert werden. Zweitens kann diese Funktion (zumindest teilweise) auch durch den in einer konventionellen Heizanlage bereits vorhandenen Heizkessel (über den Kamin gekühlt) übernommen werden. Drittens kann diese Funktion (zumindest teilweise) auch durch Heizkörper oder eine Fußbodenheizung erfüllt
15 werden. Ein spezieller Heizkörper im Waschraum, der immer dann mit Restwärme beheizt wird, wenn Solarstrom produziert wird, könnte beispielsweise nebenbei auch zur Wäschetrocknung genutzt werden.

Dadurch ist ein Aufbau des erfindungsgemäßen Heizsystems als „Strom produzierende Solarheizung“ aus einer beliebigen Kombination der vorhergehend
20 beschriebenen Kostenersparnis durch die vereinheitlichten Wärmeerzeuger- und Heizkörperkreisläufe und der Doppelfunktion bereits in der konventionellen Heizanlage vorhandenen Komponenten in der Funktion als Wärmesenke möglich. Um eine maximale Energieausbeute zu erreichen, sollte der Aufbau weiterhin so gestaltet sein, dass über Ventile alle nicht an dem vorherrschenden Betriebszustand beteiligten Wärmeerzeuger oder Wärmeverbraucher oder Wärmespeicher so abgekoppelt werden, dass sie nicht mehr durchströmt werden, die
25 Kreisläufe aber dennoch geschlossen bleiben.

Vorzugsweise ist der Aufbau des erfindungsgemäßen Heizsystems so ausgelegt, dass dieses in einer oder mehreren der nachfolgend charakterisierten Betriebsarten betrieben werden kann. Zur Optimierung der Energieausbeute sollte
30 die jeweils günstigste Temperaturspreizung Verwendung finden. In den folgenden Tabellen werden die unvermeidlichen thermischen Verluste bei der Wärmeübertragung vernachlässigt und ein bevorzugter Temperaturbereich angegeben,

welche später im Zusammenhang mit den angegebenen Figuren näher erläutert werden.

a) Betriebsart „Ausschließliche Solarstromproduktion“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
THDY-Stromproduktion aus Solarkollektorwärme Fig. 9	$E_{\text{Sol}} = E_{\text{THDY}} + E_{\text{Rest}}$ $E_{\text{Rest}} = E_{\text{Sp In}}$	$T_{\text{Sol VL}} = T_{\text{THDY-In}} = 60..140^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{Sp In}} = T_{\text{THDY-Out}} = 20..80^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{Sp Out}} = T_{\text{Kond}} = T_{\text{Sol RL}} = 15..40^{\circ}\text{C}$

b) Betriebsart „Stromproduktion aus Solarspeicher“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
THDY-Stromproduktion aus Solarspeicher Fig. 10	$E_{\text{Sp Out}} =$ $E_{\text{THDY}} + E_{\text{Rest}}$ $E_{\text{Rest}} = E_{\text{Ws}}$	$T_{\text{Sp Out}} = T_{\text{THDY-In}} = 60..140^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{THDY-Out}} = T_{\text{Hk Warm}} = T_{\text{Kol In}} = 20..40^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{Kol Kühl}} = T_{\text{Kond}} = T_{\text{Hk Kühl}} = 15..30^{\circ}\text{C}$

5

c) Betriebsart „Kältespeicher kühlen“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
Kältespeicher kühlen Solarkollektor ist Wärmesenke Fig. 11	$E_{\text{Ws}} = E_{\text{Sp In}}$	$T_{\text{Sp Out}} = T_{\text{Kol In}} = T_{\text{HK}} = 20..60^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{Sp In}} = T_{\text{Kühl}} = 5..20^{\circ}\text{C}$

d) Betriebsart „Heizen und WW aus Solarkollektorwärme „

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
Heizen und WW aus Solarkollektorwärme Fig. 12	$E_{\text{Sol}} = E_{\text{HW}} + E_{\text{WW}}$	$T_{\text{Sol VL}} = T_{\text{HK VL}} = T_{\text{WW VL}} = 40..90^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{HK RL}} = T_{\text{Sol RL}} = 20..50^{\circ}\text{C}$

e) Betriebsart „Heizen mit Solarspeicher Wärme“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
Heizen mit Solarspeicher Wärme Fig. 13	$E_{Sp\ Out} = E_{HW} + E_{WW}$	$T_{Sp\ Out} = T_{Hk\ VL} = T_{WW\ VL} = 20..90^{\circ}C$ $T_{Hk\ RL} = T_{Sp\ In} = 20..45^{\circ}C$

f) Betriebsart „Solarspeicher füllen und WW“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
Solarspeicher füllen und WW Fig. 14	$E_{Sol} = E_{Sp\ In} + E_{WW}$	$T_{Sol\ VL} = T_{Sp\ In} = T_{WW\ VL} = 40..140^{\circ}C$ $T_{Sp\ Out} = T_{Sol\ RL} = 10..50^{\circ}C$

g) Betriebsart „Heizen und WW mit Heizanlage“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
Heizen und WW mit Heizanlage Fig. 15	$E_{Heiz} = E_{HW} + E_{WW}$	$T_{Heiz\ VL} = T_{Hk\ VL} = T_{WW\ VL} = 40..90^{\circ}C$ $T_{Hk\ RL} = T_{Heiz\ RL} = 20..50^{\circ}C$

h) Betriebsart „Kombiniertes Heizen mit Heizanlage und Solarkollektoren“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
Heizen und WW über Solarspeicher und / oder Solarkollektoren und Heizanlage Fig. 16	$E_{Sol} + E_{Sp\ Out} + E_{Heiz} =$ $E_{HW} + E_{WW}$	$T_{Sol\ VL} = T_{H\ In} = 40..60^{\circ}C$ $T_{H\ Out} = T_{Hk\ VL} = T_{WW\ VL} = 60..90^{\circ}C$ $T_{Hk\ RL} = T_{Sol\ RL} = 20..50^{\circ}C$

5

i) Betriebsart „Kombiniertes Heizen und Stromproduktion mit Heizanlage und Solarkollektoren“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
----------	--------------------	---

THDY-Stromproduktion aus Solarkollektor-, Solarspeicher- und Heisanlage und Heiz- und WW-Wärme aus der THDY Restwärme Fig. 17	$E_{\text{Heiz}} + E_{\text{Sol}} + E_{\text{Sp Out}} =$ $E_{\text{WW}} + E_{\text{HW}} + E_{\text{THDY}}$	$T_{\text{Sol VL}} \text{ ODER } T_{\text{Sp Out}} = T_{\text{H In}} =$ $40..140^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{H Out}} = T_{\text{THDY In}} = 150^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{THDY Out}} = T_{\text{Hk VL}} = 25..75^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{Hk RL}} = T_{\text{Kond}} =$ $T_{\text{Sol RL}} \text{ ODER } T_{\text{Sp In}} = 20..50^{\circ}\text{C}$
---	---	---

- j) Betriebsart „BHKW Betrieb: Kombiniertes Heizen und Stromproduktion ausschließlich aus Heizanlage“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
THDY-Stromproduktion aus Heizanlage Heiz- und WW-Wärme aus der THDY Restwärme Fig. 18	$E_{\text{Heiz}} =$ $E_{\text{WW}} + E_{\text{HW}} + E_{\text{THDY}}$	$T_{\text{H Out}} = T_{\text{THDY In}} = T_{\text{WW VL}}$ $T_{\text{THDY Out}} = T_{\text{Hk VL}} = 150^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{Hk RL}} = T_{\text{Kond}} = T_{\text{H In}} = 20..50^{\circ}\text{C}$

- k) Betriebsart „Stromproduktion aus gespeicherter Restwärme“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
THDY-Stromproduktion aus gespeicherter Restwärme, Solarkol- lektor ist Wärmesenke Fig. 19	$E_{\text{Sp Out}} + E_{\text{Heiz}} =$ $E_{\text{THDY}} + E_{\text{Rest}}$ $E_{\text{Rest}} = E_{\text{Ws}}$	$T_{\text{Sp Out}} = T_{\text{H In}} = 40..140^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{H Out}} = T_{\text{THDY In}} = 150^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{THDY Out}} = T_{\text{Kol In}} = T_{\text{Hk Warm}} = 20^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{Kühl}} = T_{\text{Kond}} = T_{\text{Hk Kühl}} = 5..20^{\circ}\text{C}$

- l) Betriebsart „Stillstand“: In dieser Betriebsart sind alle Kreisläufe inaktiv.

5 Selbstverständlich können aus den obigen Tabellen aus der Kombination mehrerer Betriebsarten oder durch das Weglassen eines Erzeugers, Speichers

oder Verbrauchers in manchen Betriebsarten weitere Betriebsarten gebildet werden, welche aber hier nicht weiter erläutert werden sollen.

Wie das Heizsystem betrieben wird, hängt von der aktuellen Situation ab. In der Regel ist die Produktion von Heizenergie effizienter als die Produktion von
5 Strom. Die Steuerung berücksichtigt aber bei der Betriebswahl u. a. auch das Primärenergieangebot, den (prognostizierten) Heizenergiebedarf, den zeitabhängigen Nutzungsgrad des Wärmespeichers und das Verhältnis zwischen dem Ertrag für eingespeisten Strom und den effektiven Heizkosten. Die Steuerung sorgt für ein Energiemanagement zur situationsabhängigen Energieverteilung unter
10 Berücksichtigung ermittelter und prognostizierter prozessbeeinflussender Parameter.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist auch eine Folge von verschiedenen Betriebsarten zum Zwecke einer optimalen Verwertung der Solarenergie vorgesehen. Beispielsweise wird in Figur 20 eine im Sommerbetrieb vorteilhafte Sequenz der Betriebsarten dargestellt, welche eine maximale Verwertung der Solarenergie zum Zwecke der Stromproduktion auch bei kleinen Speichervolumen
15 dadurch ermöglicht, dass ein Speicher zunächst als Kältespeicher (Wärmesenke) verwendet wird, um in der Betriebsart a) „Ausschließliche Solarstromproduktion“ die Kondensationswärme des thermodynamischen Kreisprozesses aufzunehmen. Hat dieser ein Temperaturniveau erreicht, bei der eine effektive Stromerzeugung nicht mehr möglich ist, dann wird in die Betriebsart f) „Solarspeicher
20 füllen“ gewechselt, in welcher der Speicher als Wärmespeicher fungiert, um die restliche Solarenergie eines Tagesverlaufs aufzunehmen, indem die Wärmespeichertemperatur auf ein Niveau gebracht wird, welches eine effiziente Stromerzeugung zu einem späteren Zeitpunkt erlaubt, sobald die Solarkollektoren ein
25 Temperaturniveau erreicht haben, in welcher sie als Wärmesenke fungieren können. In den Betriebsarten b) „Stromproduktion aus Solarspeicher“ oder k) „Stromproduktion aus gespeicherter Restwärme“ leistet somit die tagsüber akkumulierte Prozess-Energie einen effektiven Anteil zur Stromerzeugung und ermöglicht so den hohen Grad der Verwertung der Solarenergie.
30

Eine weitere Zielapplikation der Erfindung als eine „Strom produzierende Solarheizanlage“ für ein Wohnobjekt ergibt sich durch einen reduzierten und damit kostengünstigen Aufbau des Heizsystems (vgl. Figur 20) ohne direkte Kopplung

des Erzeugerkreislaufs mit dem Heizkreislauf, bei dem jedoch die Betriebsarten b) „Stromproduktion aus Solarspeicher“ (Figur 10), d) „Heizen und WW aus Solarkollektorwärme“ (Figur 12), g) „Konventionelles Heizen und WW“ (Figur 15), h) „Heizen und WW aus Solarkollektor und Heizanlage“ (Figur 16), k) „Stromproduktion aus gespeicherter Restwärme“ nicht möglich sind und die daraus resultierenden Nachteile bei der Energieverwertung dadurch verringert werden, dass die tagsüber akkumulierte Prozess-Energie vorrangig zur Warmwasser-Erwärmung verwendet wird und bei der Wärmeproduktion zu Heizzwecken grundsätzlich die Betriebsart j) „BHKW-Betrieb“ verwendet wird.

10 Weitere Vorteile entstehen durch die Verwendung von Solarkollektoren, welche sich durch möglichst geringe Verluste bei hohen Kollektortemperaturen (höher 100 °C) auszeichnen, wie z. B. Vakuum-Kollektoren, um somit eine möglichst hohe Verdampfungstemperatur des Mediums des thermodynamischen Kreisprozesses ($T_{\text{THDY-OUT}}$) zu ermöglichen.

15 Weitere erfindungsgemäße Vorteile entstehen durch einen mehrstufigen Solarkollektoraufbau, welcher eine Serienschaltung eines preisgünstigen Kollektortyps, der für die Temperaturerhöhung im Niedertemperaturbereich ($>T_{\text{WS}}$) zuständig ist und sich aufgrund der geringen thermischen Isolierung im Nachtbetrieb als Wärmesenke eignet, und eines vorhergehend beschriebenen Kollektortyps (z. B. Vakuum-Kollektoren), zuständig für den höheren Temperaturbereich, umfasst.

Eine weitere Zielapplikation der Erfindung als eine „Strom produzierende SolarHeizanlage“ für ein Wohnobjekt ergibt sich, wenn die konventionelle Heizanlage eine solarunterstützte Wärmepumpen-Heizanlage ist, mit der zwar die Vorteile aus einem BHKW-Betrieb und den daraus folgenden Betriebsarten nicht möglich sind, aber dennoch vorteilhaft ist, da die erforderliche Wärmesenke aus einer Doppelfunktion der bereits vorhandenen Erdkollektoren bzw. Erdsonden realisiert ist.

Weitere vorteilhafte und zweckmäßige Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Heizsystems ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen. In den Zeichnungen zeigen:

- 5 - Figur 1 eine schematische Darstellung der thermischen Kopplungen aller beteiligten Komponenten und den damit verbundenen Aufgaben des intelligenten Energieverteilungsmanagements des erfindungsgemäßen Heizsystems;
- Figur 2 eine schematische Darstellung eines möglichen linearen Umwandlungssystems von thermischer in elektrische Energie;
- 10 - Figur 3 eine schematische Darstellung der erforderlichen Komponenten eines möglichen situationsgesteuerten linearen Umwandlungssystems von thermischer in elektrische Energie;
- Figur 4 eine schematische Darstellung eines möglichen Rotations- Umwandlungssystems von thermischer in elektrische Energie;
- 15 - Figur 5 eine schematische Darstellung des Energieverteilungsmanagements bei Mehrfachnutzung des Wärmeerzeuger-Mediums;
- Figur 6 eine schematische Darstellung des Energieverteilungsmanagements bei Mehrfachnutzung des Heizkreislaufs-Mediums;
- Figur 7 den schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Strom produzierenden Solarheizung;
- 20 - Figur 8 eine technische Ausführung der erfindungsgemäßen Strom produzierenden Solarheizung;
- Figur 9 die Betriebsart „Ausschließliche solare direkte Stromproduktion“;
- Figur 10 die Betriebsart „Ausschließliche Stromproduktion aus Solarspeicher“;
- 25 - Figur 11 die Betriebsart „Kältespeicher kühlen“;
- Figur 12 die Betriebsart „Heizen und WW aus Solarkollektorwärme“;
- Figur 13 die Betriebsart „Heizen mit Solarspeicher-Wärme“;
- Figur 14 die Betriebsart „Solarspeicher füllen und WW“;

- Figur 15 die Betriebsart „Konventionelles Heizen und WW“;
- Figur 16 die Betriebsart „Heizen und WW aus Solarkollektor und Heizanlage“;
- Figur 17 die Betriebsart „Kombiniertes Heizen und Stromproduktion mit Heizanlage und Solarkollektoren“;
- Figur 18 die Betriebsart „Konventioneller BHKW-Betrieb“;
- Figur 19 die Betriebsart „Stromproduktion aus Restwärme“;
- Figur 20 die Solare Energieverwertung im Tagesverlauf (Sommerbetrieb) und bevorzugte Temperaturbereiche; und
- Figur 21 eine kostengünstige Ausführung des erfindungsgemäßen Heizsystems.

In Figur 1 sind allgemein die einzelnen Komponenten eines erfindungsgemäßen Heizsystems und deren erfindungsgemäße thermische Kopplung angegeben: die Wärmeerzeuger 1, umfassend eine konventionelle Heizanlage 2 und eine thermischen Wärmequelle 3, ein optionaler Wärme- und/oder Kältespeicher 4, eine Wärmesenke 6, die Wärmeverbraucher 7, umfassend eine Apparatur zur Warmwassererhitzung 8, einen Heizwärmekreislauf 9 und einen thermodynamischen Kreisprozess 10, welcher mittels eines Umwandlungssystems 11 zur Umwandlung von thermischer in elektrische Energie zur Stromproduktion verwendet wird. Gesteuert wird der Betrieb dieses Heizsystems und dessen einzelner Komponenten von einer zentralen Steuerung 12. In die Steuerung werden prozessbeeinflussende Steuerparameter einbezogen, die von geeigneten Sensoren 13 laufend erfasst und der Steuerung 12 zugeführt werden. Die Steuerung 12 ist auch in der Lage, auf der Grundlage der erfassten Parameter und/oder bestimmter Annahmen andere für die Steuerung des Heizsystems relevante Parameter zu schätzen oder zu prognostizieren.

Die in Figur 2 dargestellte Anlage umfasst einen thermodynamischen Teil 501 mit einem Arbeitsmedium einen oder mehreren Druckzylinder 502, einen Linear-generator 503, der einen Magneten und eine Spule aufweist, einer auf beide Teile einwirkende Steuerung 506, die Teil der zentralen Steuerung 12 ist, einer Gleichrichter- und Filtereinheit 504, welche die durch die Magnetbewegung er-

zeugten Spannungsimpulse in Gleichspannung umwandelt, und einem Wechselrichter 505, welcher die Gleichspannung in eine zur Netzeinspeisung geeignete Wechselspannung wandelt.

In Figur 3 wird eine situationsgesteuertes lineares Umwandlungssystem mittels eines Druckzylinders 600 dargestellt, bei dem die beiden Arbeitstakte völlig unabhängig voneinander sind (insbesondere zeitlich); es ist also keine vorab festgelegte periodische Taktfolge vorgesehen wie bei bekannten Mehrtaktmotoren. Vielmehr wird ein einzelner Arbeitstakt situationsbedingt eingeleitet, d.h. nur wenn bestimmte Kriterien erfüllt sind (insbesondere ein ausreichender Druck des Arbeitsmediums), sorgt die Steuerung 609 durch Öffnen bzw. Schließen der Anschlüsse 605, 606, 607, 608 für die Durchführung eines Arbeitstaktes. Die vier Anschlüsse 605, 606, 607, 608, mit denen die Leitungen 601, 602 an die Arbeitsräume 603, 604 gekoppelt sind, können von der Steuerung 609 selektiv geöffnet oder geschlossen werden. Welcher von beiden Arbeitstakten (normaler oder gegenläufiger) durchgeführt wird, hängt von der aktuellen Position des Kolbens 608 ab.

Das expandierende Arbeitsmedium gelangt über die erste Leitung 601 in den ersten Arbeitsraum 603 des Druckzylinders 600. Die Steuerung 609 öffnet hierzu den Anschluss 605 und schließt den Anschluss 606. Gleichzeitig schließt die Steuerung 609 den Anschluss 608 der zweiten Leitung und öffnet den Anschluss 607. Dadurch wird auf den Kolben 608 eine Kraft F_{Hub} ausgeübt, was unter Ver- richtung von Arbeit zu einer Bewegung des Kolbens 608 nach rechts (gemäß der Darstellung in Figur 3) führt. Dieser Vorgang, der nach einem Hub des Kolbens 608 endet, stellt einen „normalen“ Arbeitstakt des Druckzylinders dar.

Im gegenläufigen Arbeitstakt schließt die Steuerung 609 die offenen Anschlüsse 606, 607 und öffnet die geschlossenen Anschlüsse 605, 608, so dass sich eine entgegengesetzt gerichtete Kolbenkraft $-F_{\text{Hub}}$ und eine Bewegung des Kolbens 608 nach links ergibt.

Die mittels der Steuerung 609 realisierte Regelung des in die Arbeitsräume 603 bzw. 604 einströmenden Volumens (Einlassvolumen), insbesondere in Ab- hängigkeit des vorhandenen Mediumdrucks bzw. des nutzbaren Expansionsvolu- mens, ermöglicht eine sehr hohe Effizienz bei der Umwandlung der thermody- namischen Energie in mechanische Bewegungsenergie.

Wie bereits erwähnt erfolgt die Steuerung/Regelung der einzelnen Kreislaufprozesse und des Lineargenerators unter Einbeziehung von prozessbeeinflussenden Parametern (thermische Energiezufuhr, Druck und Temperatur des Arbeitsmediums und der Umgebung, Füllstände, etc), die von einer Vielzahl geeigneter Sensoren 610 (Druck-, Temperatur-, Füllstandssensoren, etc.) bereitgestellt und durch Prognosen ergänzt werden. Die Steuerung 609 (Teil der zentralen Steuerung 12) überwacht kontinuierlich die Gesamtsituation unter Berücksichtigung dieser prozessbeeinflussenden Parameter. Zur Erzielung eines optimalen Gesamtwirkungsgrades führt die Steuerung 609 verschiedene Prozessregelungen durch, wie etwa Einstellungen der Füllstände, Strömungsgeschwindigkeiten der Arbeitsmedien Energiemenge/ Expansionsvolumen eines Arbeitstaktes, Taktfrequenz, Größe des Takthubs, Taktdauer, etc. Z. B. wird bei geringer thermischer Energiezufuhr durch den Primärkreislauf, was ohne besondere Maßnahmen eine Reduktion des theoretisch möglichen Wirkungsgrads (Carnot-Wirkungsgrad) bei der thermodynamischen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie bedeuten würde, die Durchflussgeschwindigkeit des Solarkollektormediums verringert. Dadurch kann das Solarkollektormedium mehr Wärme von den Solarkollektoren absorbieren, und es werden höhere ORC-Eingangstemperaturen T_{IN-ORC} erzielt. Durch eine Kombination aus einer Reduzierung der Durchflussgeschwindigkeit und einer Reduzierung der Taktfrequenz des situationsgesteuerten Lineargenerators wird somit auch bei geringer thermischer Energiezufuhr ein hoher Gesamtwirkungsgrad bei der Umwandlung von thermischer in elektrische Energie erreicht. Unter bestimmten Umständen kann die Steuerung 609 den Stromerzeugungsprozess auch ganz aussetzen, wenn aufgrund der Sensordaten und/oder Prognosen erwartet werden kann, dass dies zu einer höheren Gesamtenergieumwandlungseffizienz führt.

In Figur 4 ist ein alternatives Rotations-Umwandlungssystem dargestellt, das anstelle des zuvor beschriebenen linearen Umwandlungssystems eingesetzt werden kann. Das Rotations-Umwandlungssystem ist gekoppelt an den thermodynamischen Kreisprozess 701, bei dem zunächst die verfügbare thermische Energie (Wärmeenergie) in thermodynamische Energie (Dampfdruck) umgewandelt wird. Der Dampfdruck wird dann mittels einer Maschine 702, wie z. B. einem Druckmotor oder einer Turbine, in Rotationsenergie umgesetzt. Die Rotationsenergie wird mittels des Generators 703 in elektrische Energie umgewandelt, welche von ei-

nem Netzrichter 704 schließlich in Wechselstrom zur Netzeinspeisung umgewandelt wird. In die Steuerung 705 werden prozessbeeinflussende Steuerparameter einbezogen, die von geeigneten Sensoren 706 laufend erfasst und der Steuerung 705 (Teil der zentralen Steuerung 12) zugeführt werden.

5 Figur 5 ist eine schematische Darstellung des Energieverteilungsmanagements mittels einer erfindungsgemäßen Mehrfachnutzung des Wärmeerzeugers Mediums 100, welches die Summe der erzeugten Energie aller Wärmeerzeuger 101 transportiert, diese gegebenenfalls an einen Wärmespeicher 102 überträgt oder dort gespeicherte Wärmeenergie aufnimmt und schließlich an jeden einzelnen Wärmeverbraucher 103 überträgt.

Figur 6 ist eine schematische Darstellung des Energieverteilungsmanagements mittels einer erfindungsgemäßen Mehrfachnutzung des Heizkörperkreislauf-Mediums 150, welchem die Summe der erzeugten Energie aller Wärmeerzeuger 152 übertragen wird oder gegebenenfalls die in einem Wärmespeicher 154 gespeicherte Wärmeenergie oder die Restwärme des thermodynamischen Prozesses 153 aufnimmt und schließlich zu den Heizkörpern 151 transportiert.

Figur 7 stellt den schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Strom produzierenden Solarheizung dar, welche folgende Komponenten umfasst: eine thermische Solarkollektoranordnung 50, mindestens einen Wärmespeicher 51, eine konventionellen Heizanlage 52, wie z. B. Öl-, Gas, oder Holzsplit- oder Holzpelletsheizung, einen thermodynamischen Kreisprozess 53, ein Umwandlungssystem 54 zur Umwandlung von Druckenergie in elektrische Energie, eine am Objekt verfügbare Wärmesenke 55, wie z. B. eine Erdsonden- oder Erdkollektor- oder Umgebungsluftkühlung, und mindestens einen Heizkörperkreislauf 56, welcher z. B. auch als Fußboden- oder Wandheizung ausgeführt sein kann. Eine zentrale Steuerung 57 regelt alle Kreisläufe und die situationsbedingte Energieverteilung.

Figur 8 stellt ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Strom produzierenden Solarheizung gemäß Figur 7 als Gesamtaufbau dar, welche einen gemeinsamen Erzeugerkreislauf 70, einen gemeinsamen Heizkörperkreislauf 71, einen thermodynamischen Kreislauf 72 und bereits beschriebenen Komponenten besteht.

Figur 9 beschreibt die im Gesamtaufbau gemäß Figur 8 enthaltenen Komponenten und Temperaturniveaus, welche für die Betriebsart „Ausschließliche solare direkte Stromproduktion“ erforderlich sind.

- 5 Figur 10 beschreibt die im Gesamtaufbau gemäß Figur 8 enthaltenen Komponenten und Temperaturniveaus, welche für die Betriebsart „Ausschließliche Stromproduktion aus Solarspeicher“ erforderlich sind.

Figur 11 beschreibt die im Gesamtaufbau gemäß Figur 8 enthaltenen Komponenten und Temperaturniveaus, welche für die Betriebsart „Kältespeicher kühlen“ erforderlich sind.

- 10 Figur 12 beschreibt die im Gesamtaufbau gemäß Figur 8 enthaltenen Komponenten und Temperaturniveaus, welche für die Betriebsart „Heizen und WW aus Solarkollektorwärme“ erforderlich sind.

- 15 Figur 13 beschreibt die im Gesamtaufbau gemäß Figur 8 enthaltenen Komponenten und Temperaturniveaus, welche für die Betriebsart „Heizen mit Solarspeicher-Wärme“ erforderlich sind.

Figur 14 beschreibt die im Gesamtaufbau gemäß Figur 8 enthaltenen Komponenten und Temperaturniveaus, welche für die Betriebsart „Solarspeicher füllen und WW“ erforderlich sind.

- 20 Figur 15 beschreibt die im Gesamtaufbau gemäß Figur 8 enthaltenen Komponenten und Temperaturniveaus, welche für die Betriebsart „Konventionelles Heizen und WW“ erforderlich sind.

Figur 16 beschreibt die im Gesamtaufbau gemäß Figur 8 enthaltenen Komponenten und Temperaturniveaus, welche für die Betriebsart „Heizen und WW aus Solarkollektor und Heizanlage“ erforderlich sind.

- 25 Figur 17 beschreibt die im Gesamtaufbau gemäß Figur 8 enthaltenen Komponenten und Temperaturniveaus, welche für die Betriebsart „Kombiniertes Heizen und Stromproduktion mit Heizanlage und Solarkollektoren“ erforderlich sind.

- 30 Figur 18 beschreibt die im Gesamtaufbau gemäß Figur 8 enthaltenen Komponenten und Temperaturniveaus, welche für die Betriebsart „Konventioneller BHKW-Betrieb“ erforderlich sind.

Figur 19 beschreibt die im Gesamtaufbau gemäß Figur 8 enthaltenen Komponenten und Temperaturniveaus, welche für die Betriebsart „Stromproduktion aus Restwärme“ erforderlich sind.

Figur 20 stellt eine für die Sommermonate vorteilhafte Verwertung der Solar-
5 energie in wechselnden Betriebsarten mit den bevorzugten Temperaturbereichen dar, welche eine maximale Verwertung der Solarenergie zum Zwecke der Stromproduktion auch bei kleinen Speichervolumen dadurch ermöglicht, dass der Speicher zunächst als Kältespeicher (Wärmesenke) verwendet wird, um in der Betriebsart a) „Ausschließliche Solarstromproduktion“ die Kondensationswärme des
10 thermodynamischen Kreisprozesses aufzunehmen. Hat dieser ein Temperaturniveau erreicht, bei der eine effektive Stromerzeugung nicht mehr möglich ist, dann wird in die Betriebsart f) „Solarspeicher füllen“ gewechselt, in welcher der Speicher als Wärmespeicher fungiert, um die restliche Solarenergie eines Tagesverlaufs aufzunehmen, indem die Wärmespeichertemperatur auf ein Niveau
15 gebracht wird, welches eine effiziente Stromerzeugung zu einem späteren Zeitpunkt erlaubt, sobald die Solarkollektoren ein Temperaturniveau erreicht haben, in welcher sie als Wärmesenke fungieren können. In den Betriebsarten b) „Stromproduktion aus Solarspeicher“ oder k) „Stromproduktion aus gespeicherter Restwärme“ leistet somit die tagsüber akkumulierte Prozess-Energie einen effektiven Anteil zur Stromerzeugung und ermöglicht so den hohen Grad der Verwertung der Solarenergie.

Figur 20 stellt einen reduzierten und damit kostengünstigen Aufbau des Heizsystems ohne direkte Kopplung des Erzeugerkreislaufs mit dem Heizkreislauf dar, bei dem jedoch die Betriebsarten b) „Stromproduktion aus Solarspeicher“
25 (Figur 10), d) „Heizen und WW aus Solarkollektorwärme“ (Figur 12), g) „Konventionelles Heizen und WW“ (Figur 15), h) „Heizen und WW aus Solarkollektor und Heizanlage“ (Figur 16), k) „Stromproduktion aus gespeicherter Restwärme“ nicht möglich sind und die daraus resultierenden Nachteile bei der Energieverwertung dadurch verringert werden, dass die tagsüber akkumulierte Prozess-Energie vorrangig zur Warmwasser-Erwärmung verwendet wird und bei der Wärmeproduktion zu Heizzwecken grundsätzlich die Betriebsart j) „BHKW-Betrieb“ verwendet wird.

Anstelle des Solarkreislaufs können auch andere Möglichkeiten für eine thermische Primärenergiezufuhr verwendet werden, z. B. die Nutzung von Fernwärme. Das grundsätzliche Funktionsprinzip des erfindungsgemäßen Heizsystems ändert sich dadurch nicht.

- 5 Die Erfindung wurde anhand mehrerer Ausführungsbeispiele beschrieben. Selbstverständlich ist es für den Fachmann ersichtlich, dass Abwandlungen möglich sind, ohne dass dadurch der Erfindungsgedanke verlassen wird. Zudem haben die dargestellten Ausführungsbeispiele den Charakter einer Skizze. Fehlende Details sind für das Wesen der Erfindung nicht von Bedeutung, können aber
- 10 von einem Fachmann ergänzt werden.

Liste verwendeter Begriffe und deren Bedeutungen

Thermische Wärmequelle	Thermischer Solarkollektor, Prozess-Waste-Heat (z. B. von Kraftwerken, Biogasanlagen oder Industrieanlagen, ...), Fernwärme, ...
Konventionelle Heizanlage	Öl-, Gas-, Kohle-, Strom-, Holzsplit-, oder Holzpellets-heizung, ...
Wärmeerzeuger	Thermische Wärmequelle und konventionelle Heizanlage
Wärmeverbraucher	Heizkörper, WW-Verbraucher und thermodynamischer Kreisprozess
Wärme- oder Kältespeicher	Pufferspeicher, Latentspeicher, thermochemische Speicher, ...
Wärmesenke	Tiefenwasser-Erdsonde, Erdkollektor, Gewässer (Teich, Pool, Regen- oder Brauchwasser, Fluss, ...), luftgekühlte Wärmetauscher mit oder ohne Ventilatoren, luftgekühlte Solarkollektoren, gespeicherte Umgebungskälte, Heizungs- oder Fußbodenheizungsrückläufe, Verdunstungskälte, Luftfeuchte-Wärmetauscher, ...
Thermodynamischer Prozess	ORC-Prozess mit einem oder einer Mischung aus mehreren Kühlmitteln, Hydraulikölen, Gasen; Kalina-Prozess, ...
Generator	Asynchron-, Synchron-, RMT-Generator, ...
Netzrichter	Gleich- oder Wechselspannungsnetzrichter, Frequenzumrichter, ...
Sensoren	Zur Messung von: Druck, Temperatur, Durchlaufmengen, Solarstrahlung, Füllstand, Kolbenposition bzw. Rotationsfrequenz, ...
Maschine	Druckmotor, Turbine, DiPietro-Engine, Scroll-Expander, ...

Heizkörper	Heizkörper für ein Wohnobjekt, Fußbodenheizung, Wandheizung, ...
WW-Verbraucher	WW-Brauchwasser, Spülmaschine, Waschmaschine, ...
Solarkollektor	Flachkollektor, Röhrenkollektor, Parabolrinnenkollektor, Parabolspiegelkollektor, ...

Abkürzungsliste

E_{Heiz}	Erzeugte Wärmeenergie der konventionellen Heizanlage
E_{Wq}	Wärmeenergieangebot der Wärmequelle
E_{WW}	Energiebedarf an Brauchwasser
E_{HW}	Energiebedarf an Heizwärme
E_{THDY}	Energie des thermodynamischen Prozesses zur Umwandlung in elektrische Energie (Prozess-Exergie)
E_{Rest}	Kondensationswärmeenergie (Prozess-Anergie)
$E_{\text{Sp OUT}}$	Zu speichernde Wärmeenergie
$E_{\text{Sp IN}}$	Dem Wärmespeicher zu entnehmende Wärmeenergie
WT	Wärmetauscher
WW	Warmwasser
KW	Kaltwasser
VL	Vorlauf
RL	Rücklauf
SP	Speicher
BHKW	Blockheizkraftwerk

Patentansprüche

1. Heizsystem für ein Objekt, mit einer von einer Steuerung (12) geregelten thermischen Kopplung (5) von wenigstens zwei Wärmeerzeugern (1), wobei ein erster Wärmeerzeuger (1) eine konventionelle Heizanlage (2) und ein zweiter Wärmeerzeuger (1) eine am Objekt verfügbare Wärmequelle (3) ist, und mit mehreren Wärmeverbrauchern (7) zur wechselseitigen Wärme- und Stromproduktion, dadurch gekennzeichnet, dass einer der Wärmeverbraucher (7) ein auf einem thermodynamischen Kreisprozess (10), insbesondere einem ORC- oder Kalina-Prozess, basierendes Umwandlungssystem (11) für die Umwandlung von thermischer Energie in elektrischen Strom aufweist, und dass die im thermodynamischen Kreisprozess (10) auftretende Kondensationswärme entweder an weitere Wärmeverbraucher (7) oder an eine am Objekt verfügbare thermische Wärmesenke (6) übertragen wird.

2. Heizsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung (12) ein Gleichgewicht zwischen thermischer Energieerzeugung und thermischem Energiebedarf nach der Formel:

$$E_{\text{Heiz}}(t) + E_{\text{Wq}}(t) = E_{\text{WW}}(t) + E_{\text{HW}}(t) + E_{\text{THDY}}(t) + E_{\text{Rest}}(t)$$

periodisch ermittelt und einstellt, wobei

E_{Heiz} : erzeugte Wärmeenergie der konventionellen Heizanlage (2)

20 E_{Wq} : Wärmeenergieangebot der Wärmequelle

E_{WW} : Energiebedarf an Brauchwasser

E_{HW} : Energiebedarf an Heizwärme

E_{THDY} : Energie des thermodynamischen Prozesses zur Umwandlung in elektrische Energie (Prozess-Exergie)

25 E_{Rest} : Kondensationswärmeenergie (Prozess-Anergie)

t: Zeit.

3. Heizsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine für die Effizienz des thermodynamischen Kreisprozesses (10) entscheidende maximale Temperaturspreizung zwischen dem Temperaturniveau der am Objekt verfügbaren Wärmequelle (T_{Wq}) und dem Temperaturniveau der am Objekt

verfügbaren Wärmesenke (T_{ws}), insbesondere einem Luftfeuchte-Wärmetauscher, gespeicherte Umgebungskälte, vorgesehen ist.

4. Heizsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für den thermodynamischen Kreisprozess (10) ein Medium verwendet wird, bei dem im Kondensations-Temperaturbereich kein Unterdruck relativ zum Umgebungsdruck entsteht, insbesondere R245fa.

5. Heizsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Wärme- und/oder Kältespeicher (4) sowohl an einen oder mehrere Wärmeenergieerzeugerkreisläufen als auch an einen oder mehrere Verbraucherkreisläufe thermisch gekoppelt ist/sind.

6. Heizsystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung (12) ein Gleichgewicht zwischen thermischer Energieerzeugung und thermischem Energiebedarf nach der Formel

$$E_{\text{Heiz}}(t) + E_{Wq}(t) + E_{\text{Sp OUT}}(t) = E_{\text{WW}}(t) + E_{\text{HW}}(t) + E_{\text{THDY}}(t) + E_{\text{Sp IN}}(t) + E_{\text{Rest}}(t)$$

15 periodisch ermittelt und einstellt, wobei

E_{Heiz} : erzeugte Wärmeenergie der konventionellen Heizanlage (2)

E_{Wq} : Wärmeenergieangebot der Wärmequelle

$E_{\text{Sp OUT}}$: zu speichernde Wärmeenergie

E_{WW} : Energiebedarf an Brauchwasser

20 E_{HW} : Energiebedarf an Heizwärme

E_{THDY} : Energie des thermodynamischen Prozesses zur Umwandlung in elektrische Energie (Prozess-Exergie)

$E_{\text{Sp IN}}$: dem Wärmespeicher zu entnehmende Wärmeenergie

E_{Rest} : Kondensationswärmeenergie (Prozess-Anergie).

25 t: Zeit.

7. Heizsystem nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein im Wärmespeicher (4) oder an der am Objekt verfügbaren Wärmequelle (T_{wq}) vorherrschendes Niedertemperaturniveau, das höher als die Temperatur der Wärmesenke (T_{ws}) ist, sowohl zur Stromproduktion als auch zur Heizwärmegewinnung nutzbar gemacht wird, indem die konventionelle Heizanlage (2) das vor-

30

handene Niedertemperaturniveau um den verbleibenden Temperaturbereich bis zu einer verbrauchsabhängigen Solltemperatur weiter erwärmt.

8. Heizsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Wärmeerzeuger (1) mit jedem Wärmeverbraucher (7),
5 jedem Wärmespeicher (4) oder mit jedem anderen Wärmeerzeuger (1) direkten Wärmeaustausch betreibt, wobei im Falle unterschiedlicher Wärmeträgermedien vorzugsweise eine gegenläufige Wärmeübertragung und im Falle gleicher Wärmeträgermedien vorzugsweise ein Mediumsaustausch vorgesehen ist.

9. Heizsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein an den thermodynamischen Kreisprozess (501) gekoppeltes,
10 lineares Umwandlungssystem (601) mit einem oder mehreren Druckzylindern (502), einem Lineargenerator (503), einer Filter- und Gleichrichtereinheit (504) zur Umwandlung thermodynamischer Energie in elektrische Energie.

10. Heizsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch
15 eine an den thermodynamischen Kreisprozess (701) gekoppeltes Umwandlungssystem mit einer Maschine (702), insbesondere eines Scroll-Expanders, zur Umwandlung von Druckenergie in Rotationsenergie, welche mittels eines Generators (703) in elektrische Energie gewandelt wird.

11. Heizsystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator (703) ein RMT-Generator ist.
20

12. Heizsystem nach einem der Ansprüche 9 bis 11, gekennzeichnet durch eine Kopplung des Umwandlungssystems (11) an einen Erzeuger von Batterieladungen, insbesondere für Lithium-Ionen-Batterien für Elektrofahrzeuge, oder an einen Erzeuger für Spannungen zur Gewinnung von Wasserstoff mittels
25 Elektrolyse.

13. Heizsystem nach einem der Ansprüche 9 bis 11, gekennzeichnet durch eine Kopplung des Umwandlungssystems (11) an eine Kältemaschine, wobei die vom Umwandlungssystem (11) erzeugte kinetische Energie zur Kühlung von Raumluft genutzt wird.

30 14. Heizsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine direkte thermische Kopplung jedes Wärmeerzeugers (101) mit

- jedem Wärmeverbraucher (103) und Wärmespeicher (102), bei der ein gemeinsames Wärmeträgermedium (100) mehrfach genutzt wird, indem das Wärmeträgermedium (100) jeden Wärmeerzeuger (101) durchfließt, so dass keine Wärmetauscher zwischen den Wärmeerzeugern (101) erforderlich sind, und indem das
- 5 Wärmeträgermedium (101), jeweils angekoppelt über einen Wärmetauscher, auch als Transportmedium zum Transport der erzeugten Wärmeenergie zu jedem Wärmeverbraucher (103) und von und zum Wärmespeicher (102) genutzt wird, wobei vorzugsweise das Wärmeträgermedium zusätzlich oder alternativ auch als Speichermedium genutzt wird.

- 10 15. Heizsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung (12) anhand vorher festgelegter Kriterien selbsttätig bestimmt, in welcher oder in welchen mehreren der nachfolgend charakterisierten Betriebsarten das Heizsystem betrieben wird:

a) Betriebsart „Ausschließliche Solarstromproduktion“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
THDY-Stromproduktion aus Solarkollektorwärme Fig. 9	$E_{Sol} = E_{THDY} + E_{Rest}$ $E_{Rest} = E_{Sp In}$	$T_{Sol VL} = T_{THDY-In} = 60..140^{\circ}C$ $T_{Sp In} = T_{THDY-Out} = 20..80^{\circ}C$ $T_{Sp Out} = T_{Kond} = T_{Sol RL} = 15..40^{\circ}C$

- 15 b) Betriebsart „Stromproduktion aus Solarspeicher“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
THDY-Stromproduktion aus Solarspeicher Fig. 10	$E_{Sp Out} =$ $E_{THDY} + E_{Rest}$ $E_{Rest} = E_{Ws}$	$T_{Sp Out} = T_{THDY-In} = 60..140^{\circ}C$ $T_{THDY-Out} = T_{Hk Warm} = T_{Kol In} = 20..40^{\circ}C$ $T_{Kol Kühl} = T_{Kond} = T_{Hk Kühl} = 15..30^{\circ}C$

c) Betriebsart „Kältespeicher kühlen“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
----------	--------------------	---

Kältespeicher kühlen Solarkollektor ist Wärmesenke Fig. 11	$E_{WS} = E_{Sp\ In}$	$T_{Sp\ Out} = T_{Kol\ In} = T_{HK} = 20..60^{\circ}C$ $T_{Sp\ In} = T_{Kühl} = 5..20^{\circ}C$
--	-----------------------	--

d) Betriebsart „Heizen und WW aus Solarkollektorwärme „

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
Heizen und WW aus Solarkollektorwärme Fig. 12	$E_{Sol} = E_{HW} + E_{WW}$	$T_{Sol\ VL} = T_{HK\ VL} = T_{WW\ VL} = 40..90^{\circ}C$ $T_{HK\ RL} = T_{Sol\ RL} = 20..50^{\circ}C$

e) Betriebsart „Heizen mit Solarspeicher Wärme“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
Heizen mit Solarspeicher Wärme Fig. 13	$E_{Sp\ Out} = E_{HW} + E_{WW}$	$T_{Sp\ Out} = T_{HK\ VL} = T_{WW\ VL} = 20..90^{\circ}C$ $T_{HK\ RL} = T_{Sp\ In} = 20..45^{\circ}C$

f) Betriebsart „Solarspeicher füllen und WW“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
Solarspeicher füllen und WW Fig. 14	$E_{Sol} = E_{Sp\ In} + E_{WW}$	$T_{Sol\ VL} = T_{Sp\ In} = T_{WW\ VL} = 40..140^{\circ}C$ $T_{Sp\ Out} = T_{Sol\ RL} = 10..50^{\circ}C$

g) Betriebsart „Heizen und WW mit Heizanlage“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
Heizen und WW mit Heizanlage Fig. 15	$E_{Heiz} = E_{HW} + E_{WW}$	$T_{Heiz\ VL} = T_{HK\ VL} = T_{WW\ VL} = 40..90^{\circ}C$ $T_{HK\ RL} = T_{Heiz\ RL} = 20..50^{\circ}C$

h) Betriebsart „Kombiniertes Heizen mit Heizanlage und Solarkollektoren“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
Heizen und WW über Solarspeicher und / oder Solarkollektoren und Heizanlage Fig. 16	$E_{\text{Sol}} + E_{\text{Sp OUT}} + E_{\text{Heiz}} =$ $E_{\text{HW}} + E_{\text{WW}}$	$T_{\text{Sol VL}} = T_{\text{H In}} = 40..60^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{H Out}} = T_{\text{Hk VL}} = T_{\text{WW VL}} = 60..90^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{Hk RL}} = T_{\text{Sol RL}} = 20..50^{\circ}\text{C}$

i) Betriebsart „Kombiniertes Heizen und Stromproduktion mit Heizanlage und Solarkollektoren“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
THDY-Stromproduktion aus Solarkollektor-, Solarspeicher- und Heizanlage und Heiz- und WW-Wärme aus der THDY Restwärme Fig. 17	$E_{\text{Heiz}} + E_{\text{Sol}} + E_{\text{Sp OUT}} =$ $E_{\text{WW}} + E_{\text{HW}} + E_{\text{THDY}}$	$T_{\text{Sol VL}} \text{ ODER } T_{\text{Sp Out}} = T_{\text{H In}} = 40..140^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{H Out}} = T_{\text{THDY In}} = 150^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{THDY Out}} = T_{\text{Hk VL}} = 25..75^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{Hk RL}} = T_{\text{Kond}} =$ $T_{\text{Sol RL}} \text{ ODER } T_{\text{Sp In}} = 20..50^{\circ}\text{C}$

j) Betriebsart „BHKW Betrieb: Kombiniertes Heizen und Stromproduktion ausschließlich aus Heizanlage“

5

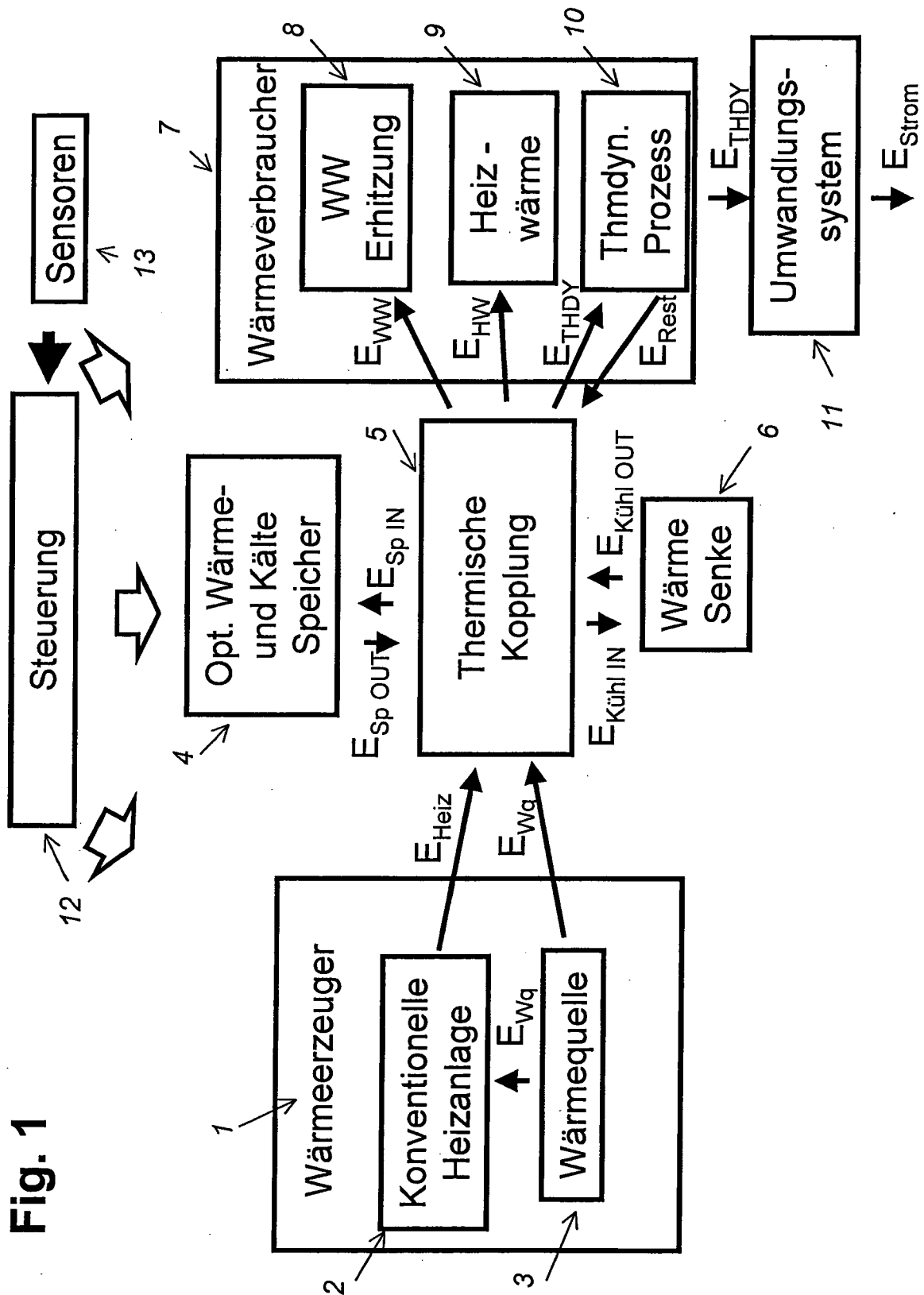
Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
THDY-Stromproduktion aus Heizanlage Heiz- und WW-Wärme aus der THDY Restwärme Fig. 18	$E_{\text{Heiz}} =$ $E_{\text{WW}} + E_{\text{HW}} + E_{\text{THDY}}$	$T_{\text{H Out}} = T_{\text{THDY In}} = T_{\text{WW VL}}$ $T_{\text{THDY Out}} = T_{\text{Hk VL}} = 150^{\circ}\text{C}$ $T_{\text{Hk RL}} = T_{\text{Kond}} = T_{\text{H In}} = 20..50^{\circ}\text{C}$

k) Betriebsart „Stromproduktion aus gespeicherter Restwärme“

Funktion	Energieübertragung	Temperaturniveaus und bevorzugte Temperaturbereiche
THDY-Stromproduktion aus gespeicherter Restwärme, Solarkol- lektor ist Wärmesenke Fig. 19	$E_{SP\ OUT} + E_{Heiz} =$ $E_{THDY} + E_{Rest}$ $E_{Rest} = E_{Ws}$	$T_{SP\ Out} = T_{H\ In} = 40..140^{\circ}C$ $T_{H\ Out} = T_{THDY\ In} = 150^{\circ}C$ $T_{THDY\ Out} = T_{Kol\ In} = T_{THk\ Warm} = 20^{\circ}C$ $T_{Kühl} = T_{Kond} = T_{Hk\ Kühl} = 5..20^{\circ}C$

l) Betriebsart „Stillstand“: In dieser Betriebsart sind alle Kreisläufe inaktiv.

1/21



2/21

Fig. 2
Lineares Umwandlungssystem

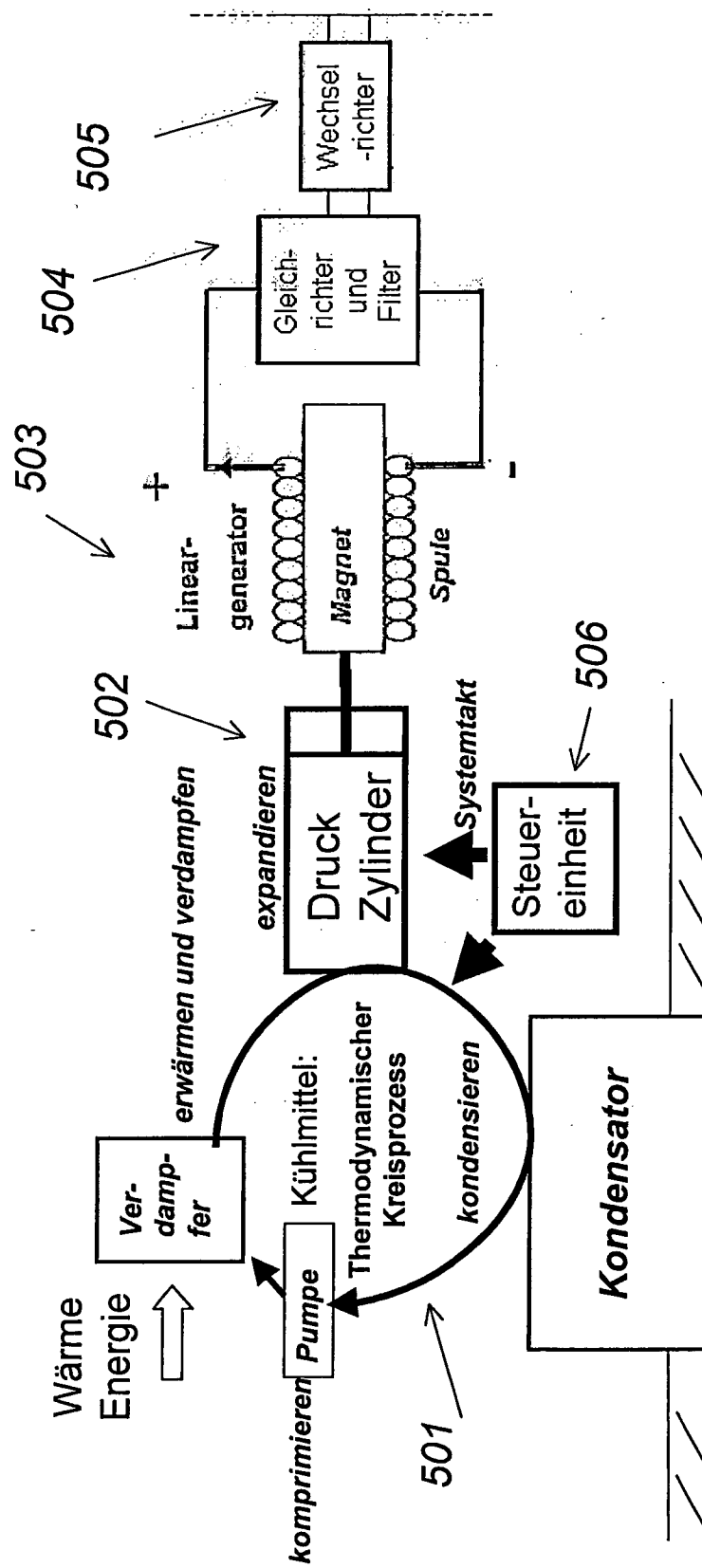


Fig. 3
Situationsgesteuertes lineares Umwandlungssystem

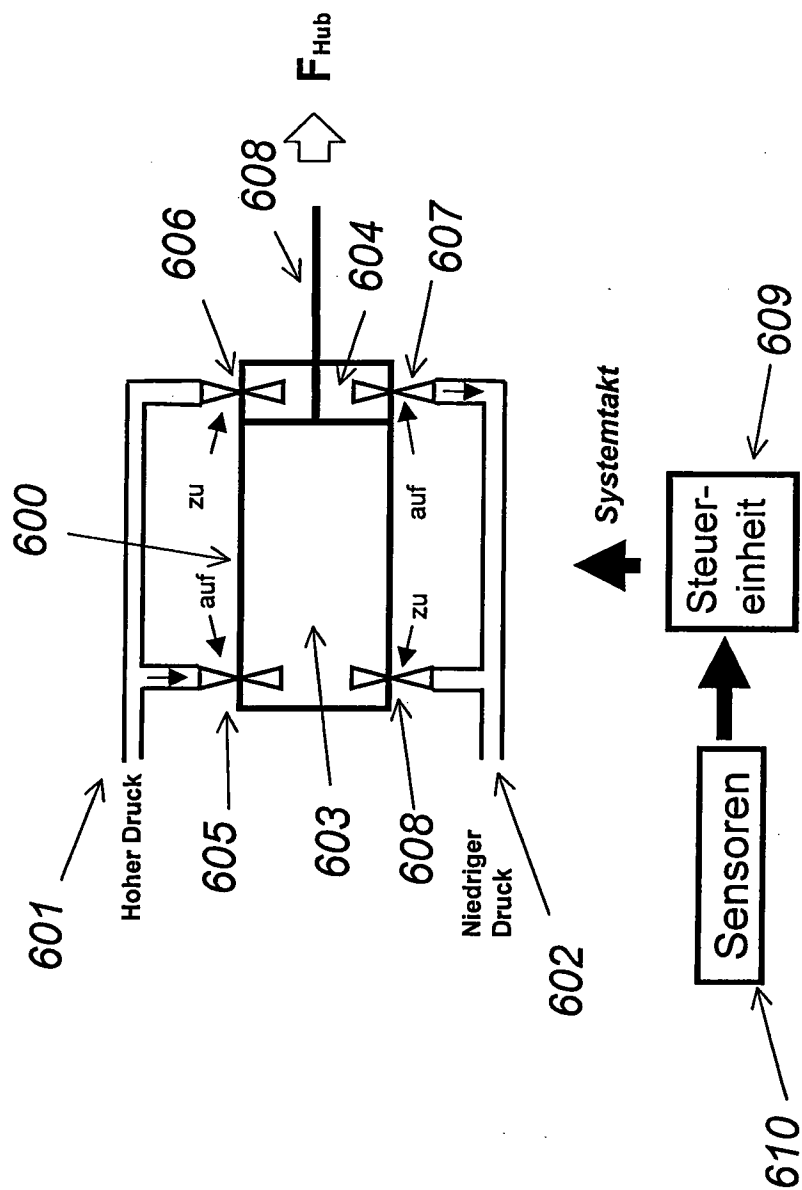


Fig. 4
Umwandlungssystem mit Rotationssystem

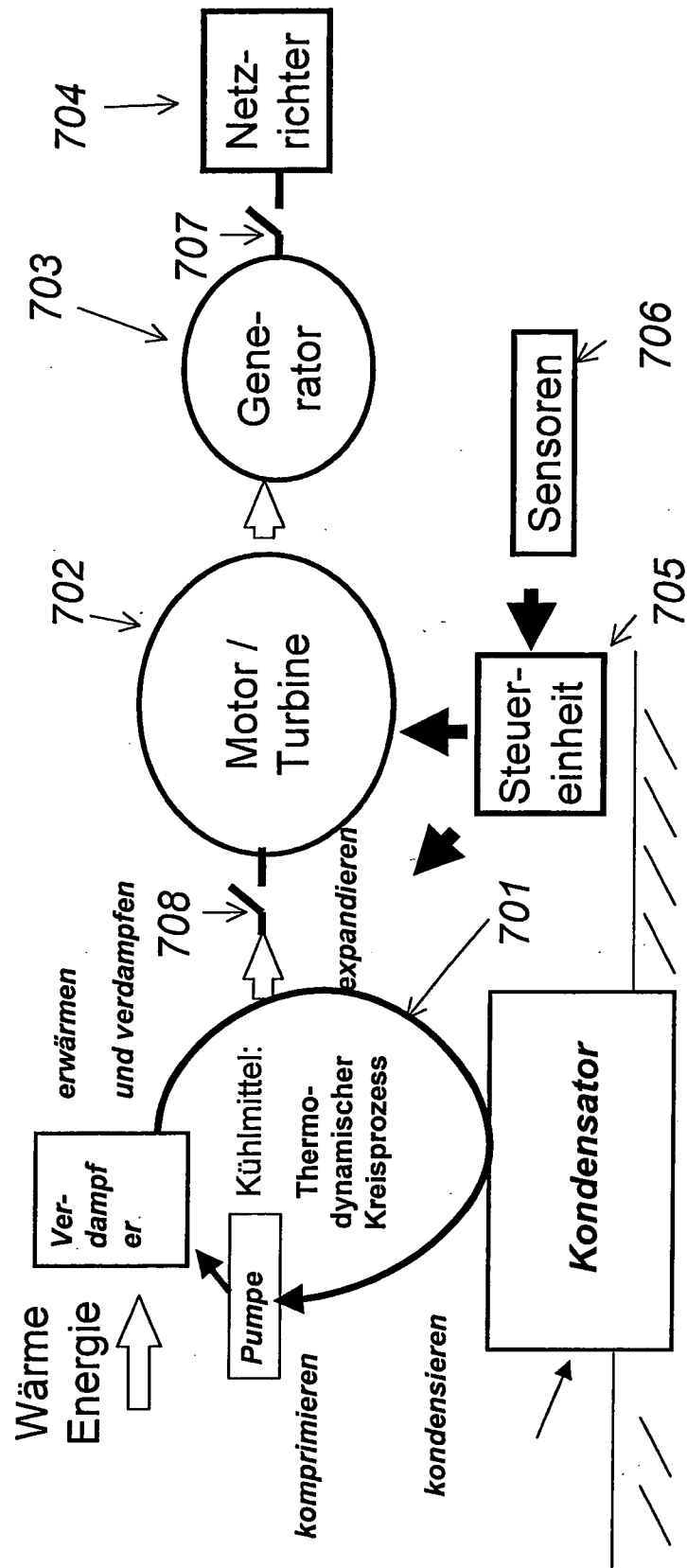
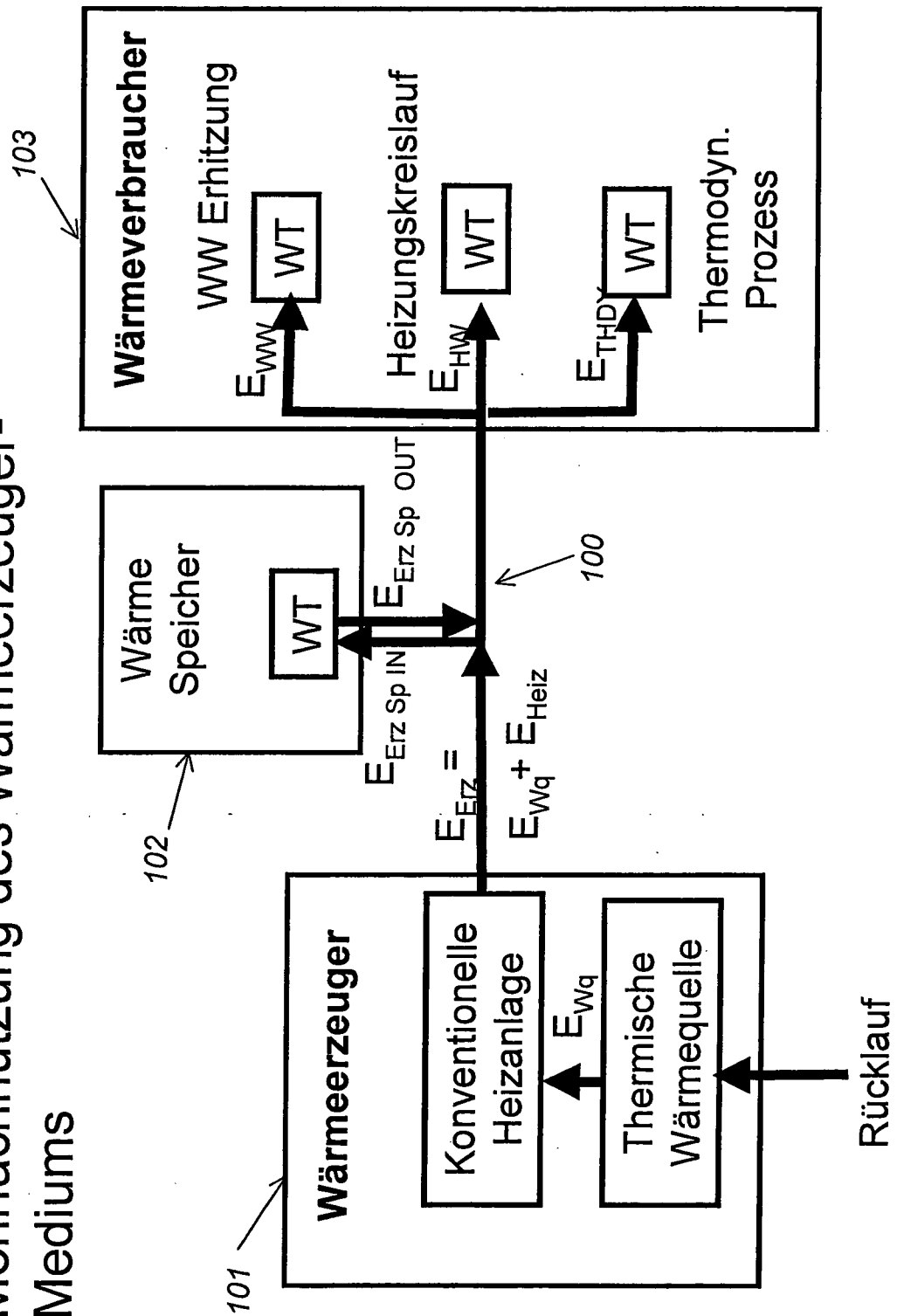
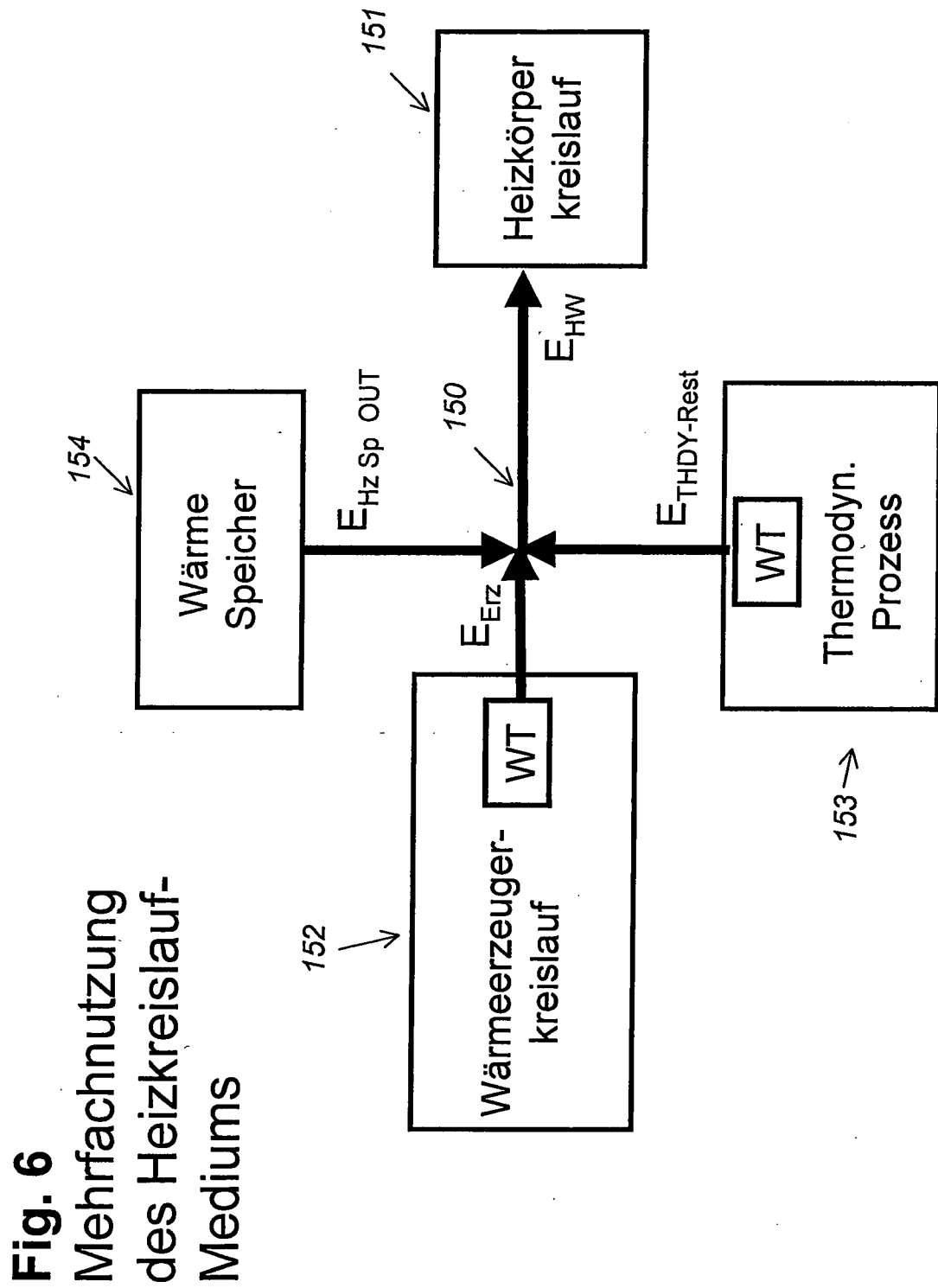


Fig. 5
Mehrfachnutzung des Wärmeerzeugers-
Mediums



6/21



7/21

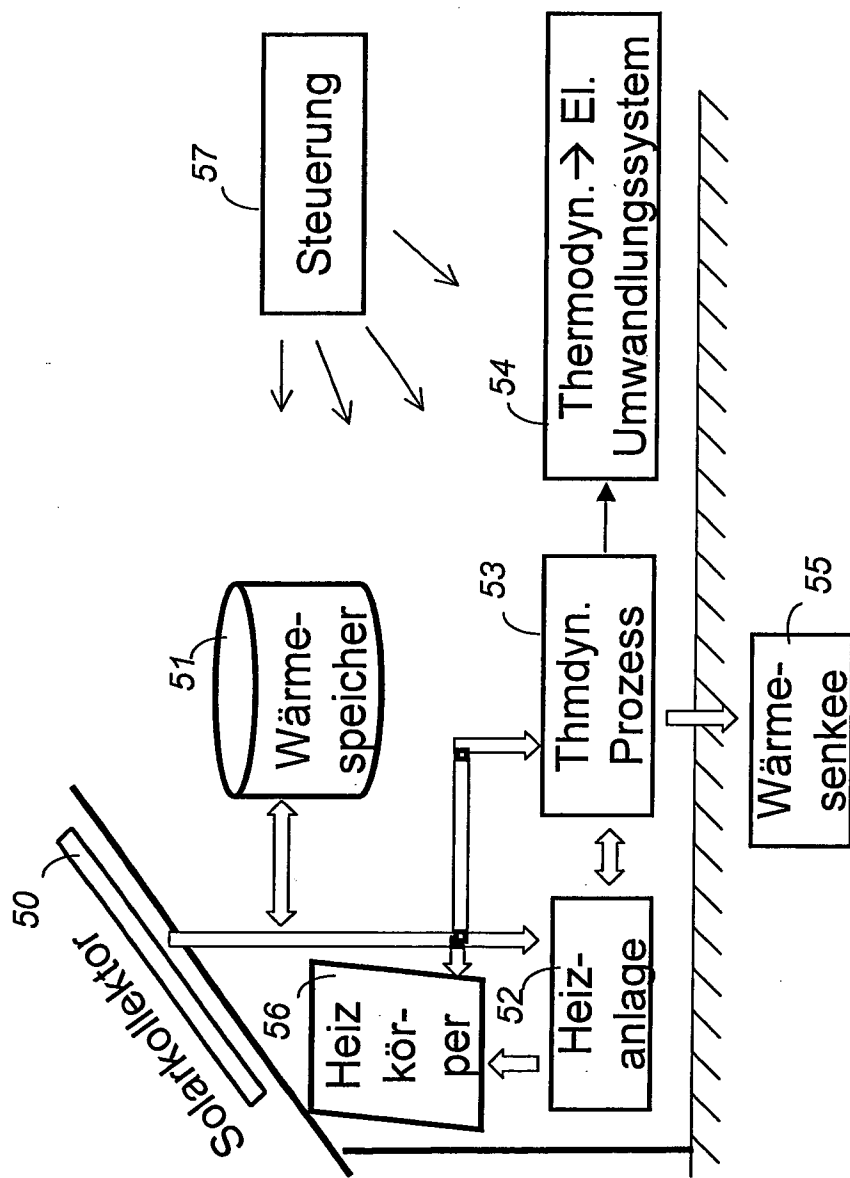
Fig. 7 Strom produzierende Solarheizung

Fig. 8 Technische Ausführung

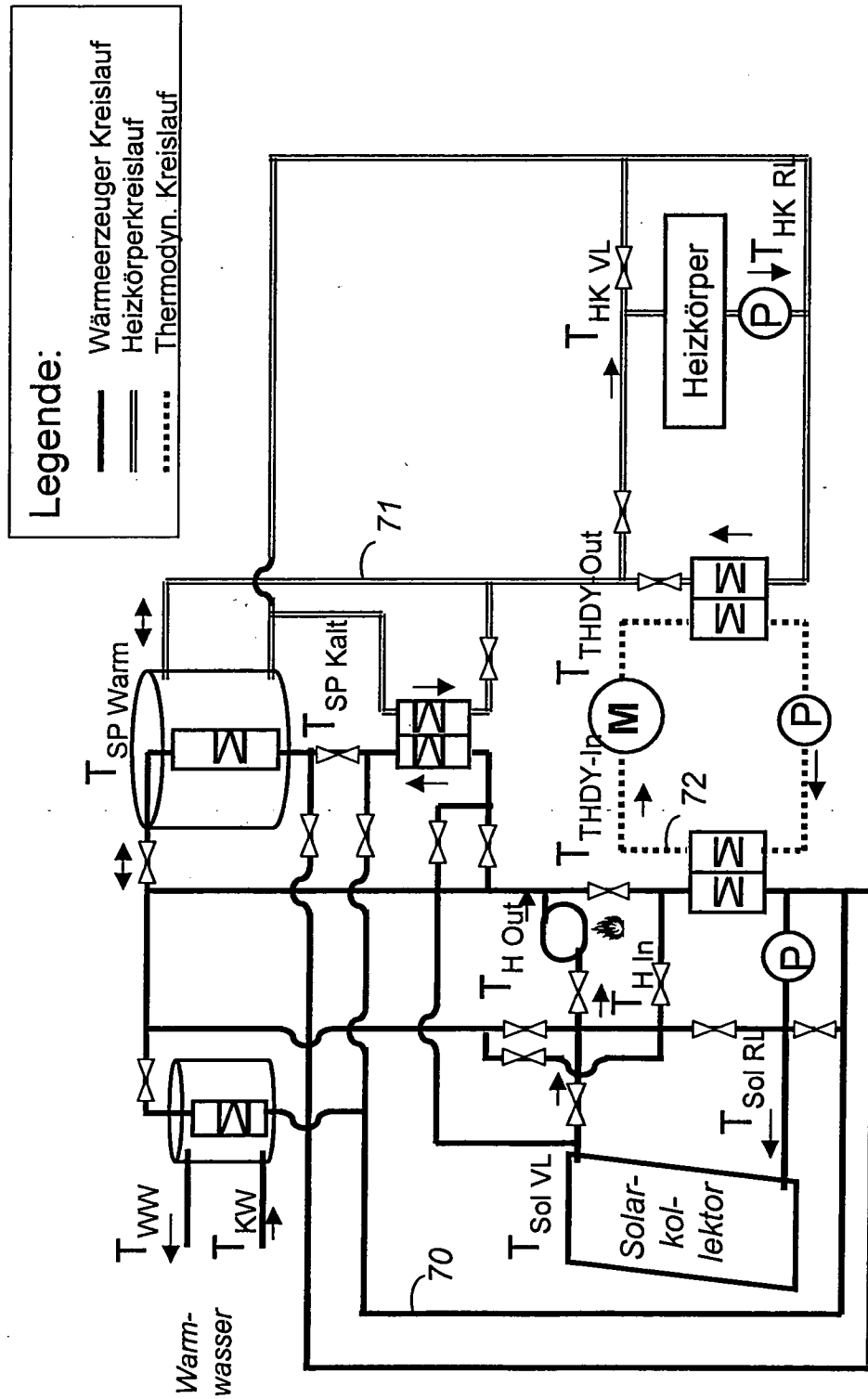
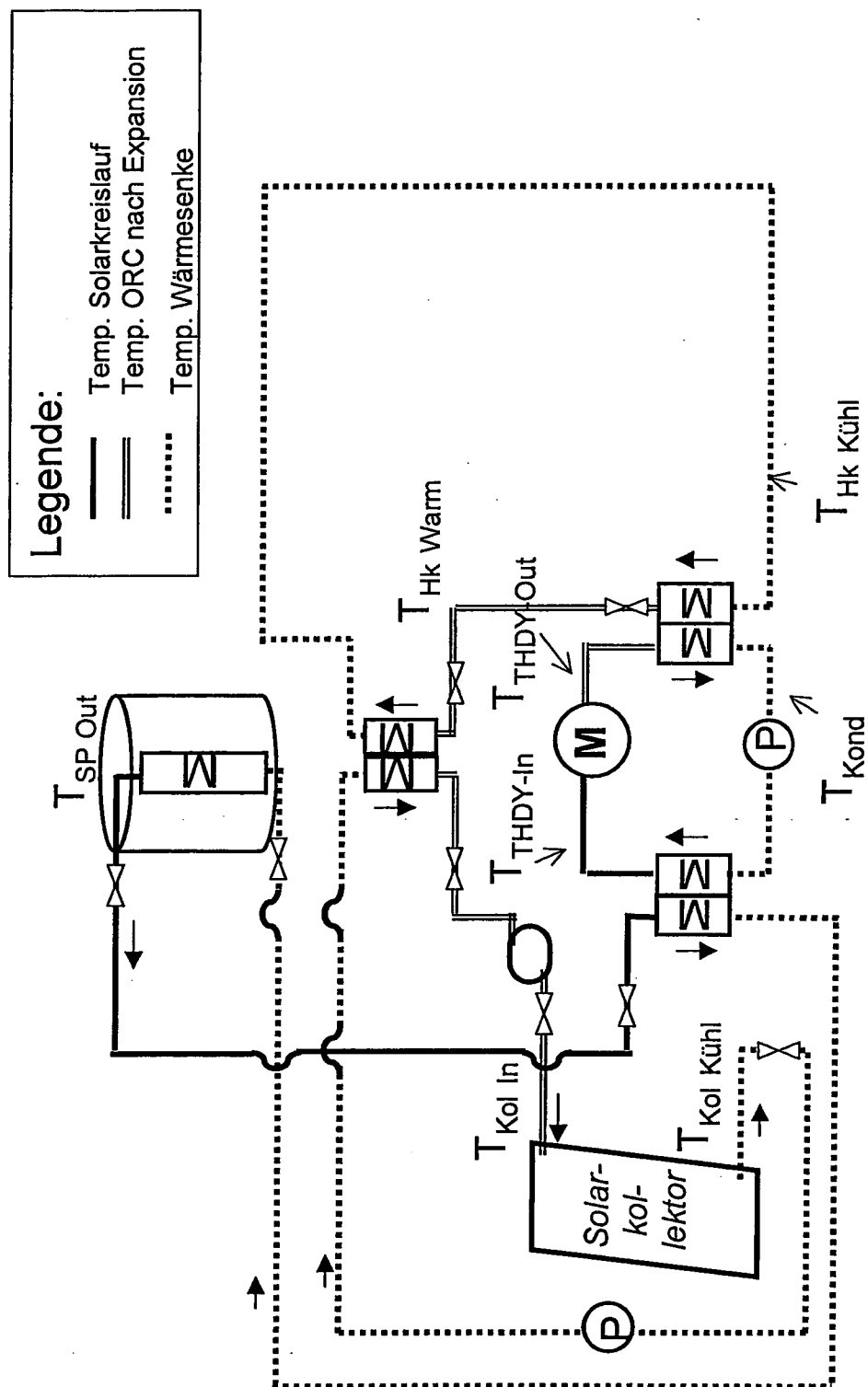
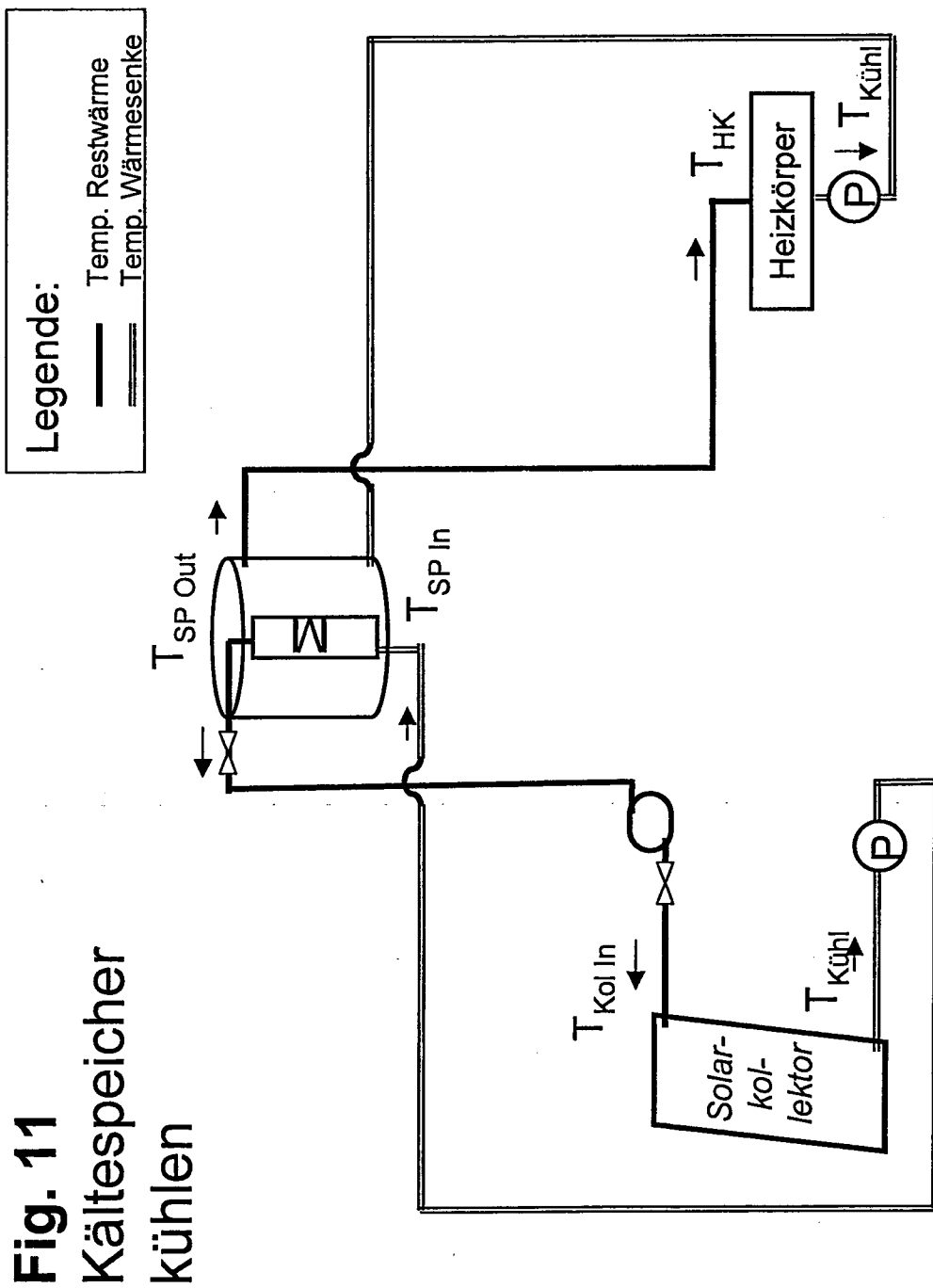


Fig. 10
Ausschließliche Stromproduktion
aus Solarspeicher



11/21



12/21

Fig. 12
 Heizen und WW aus
 Solarkollektorwärme

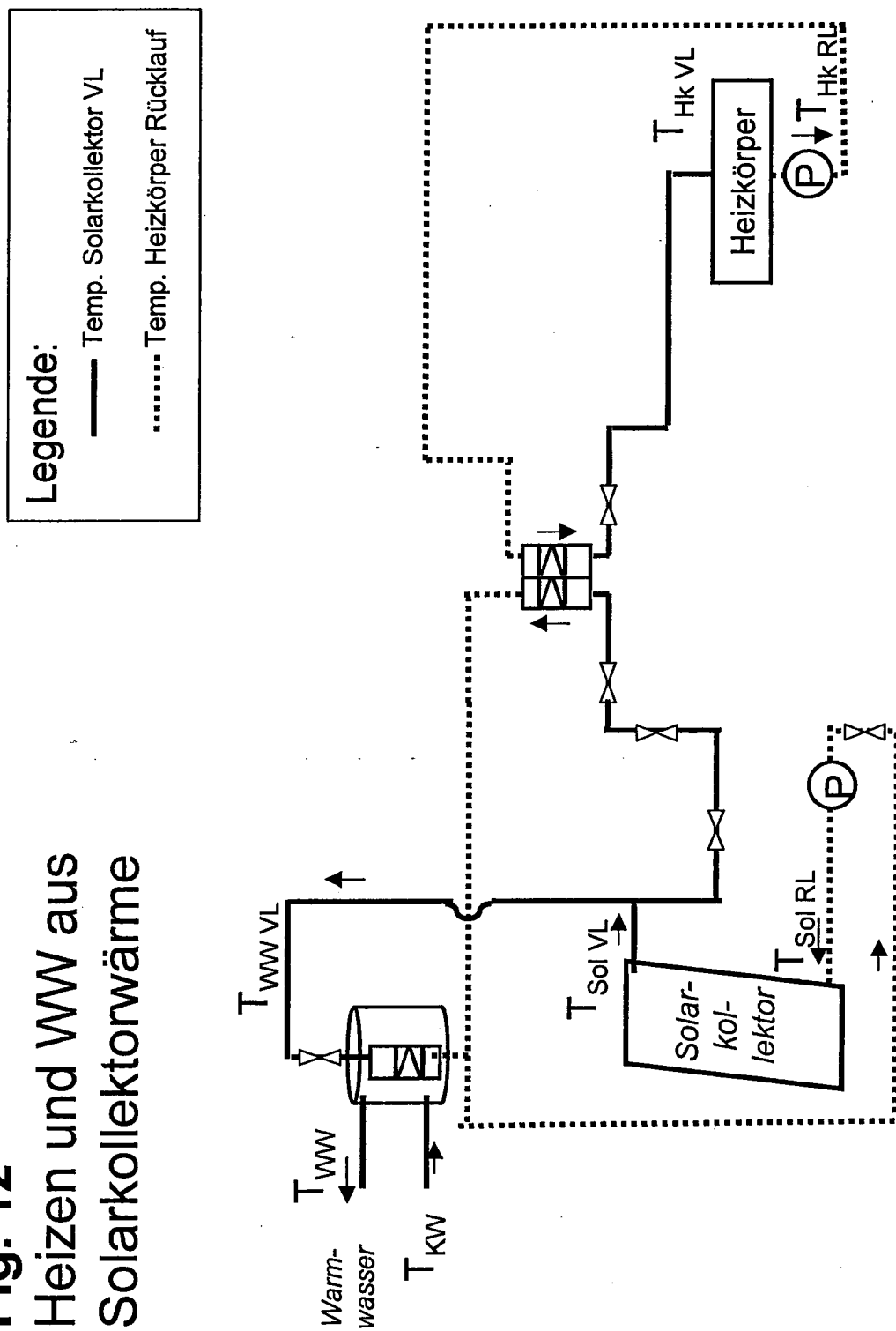


Fig. 13
Heizen mit
Solarspeicher-Wärme

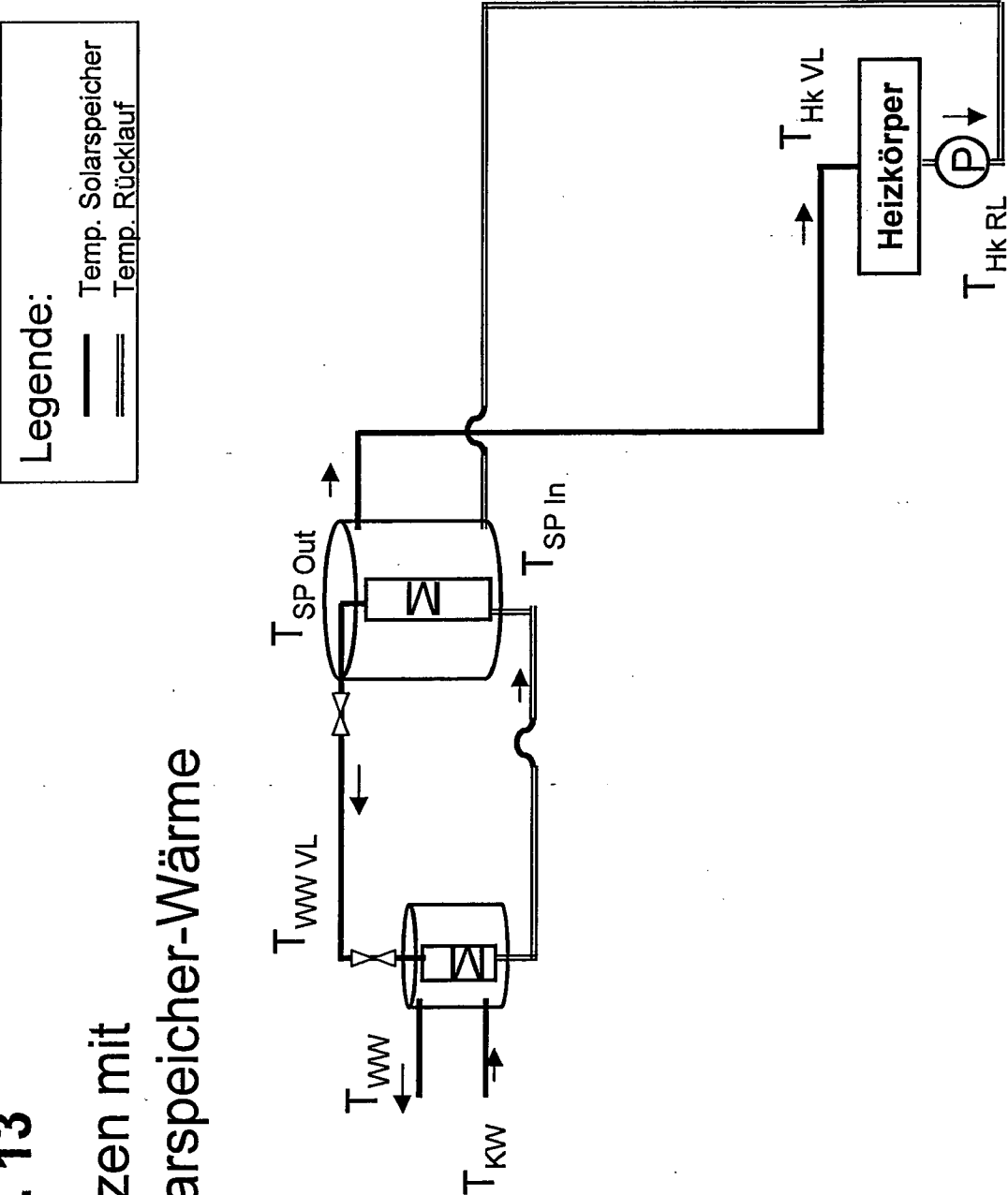


Fig. 14
Solarspeicher
füllen und WW

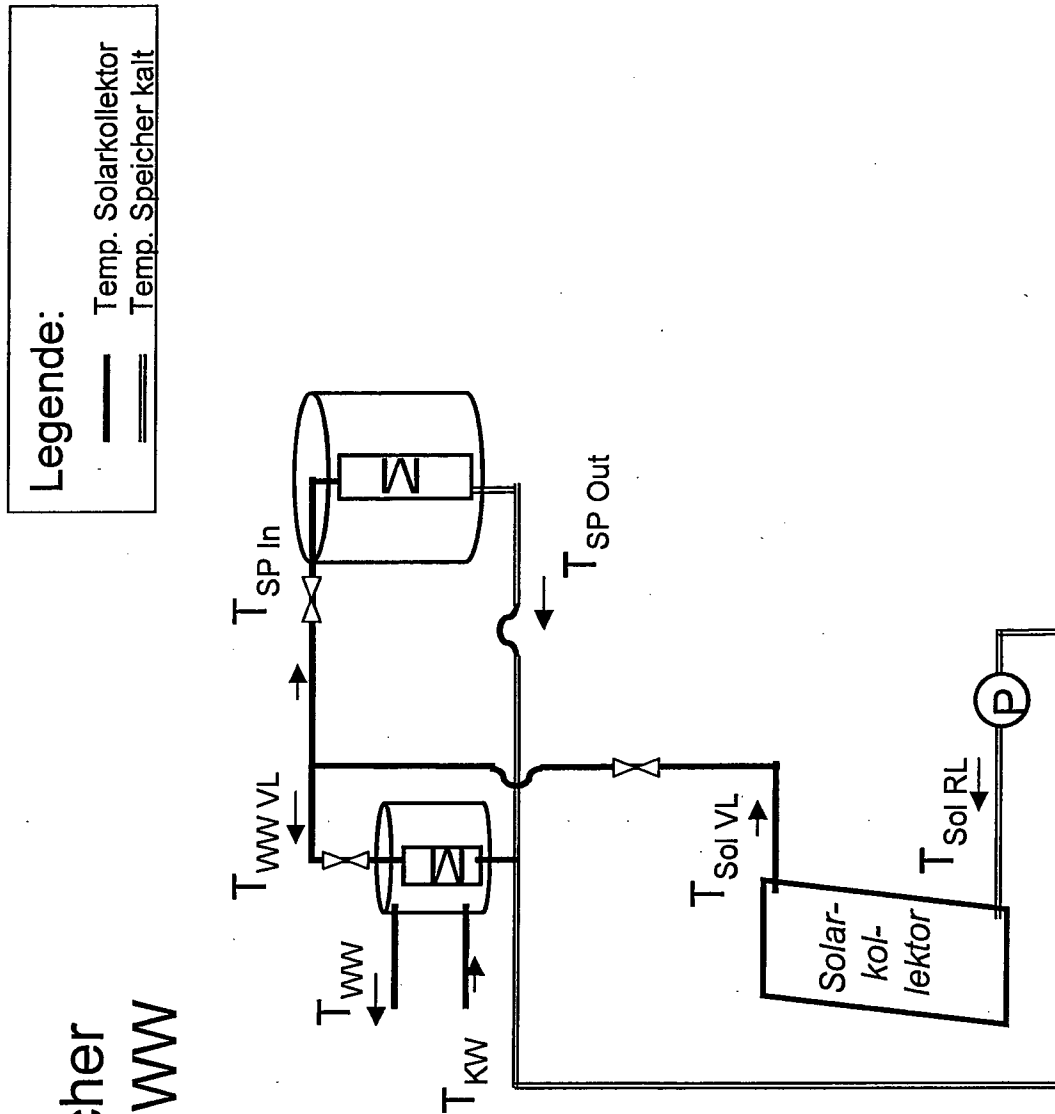


Fig. 15
Konventionelles Heizen
und WW

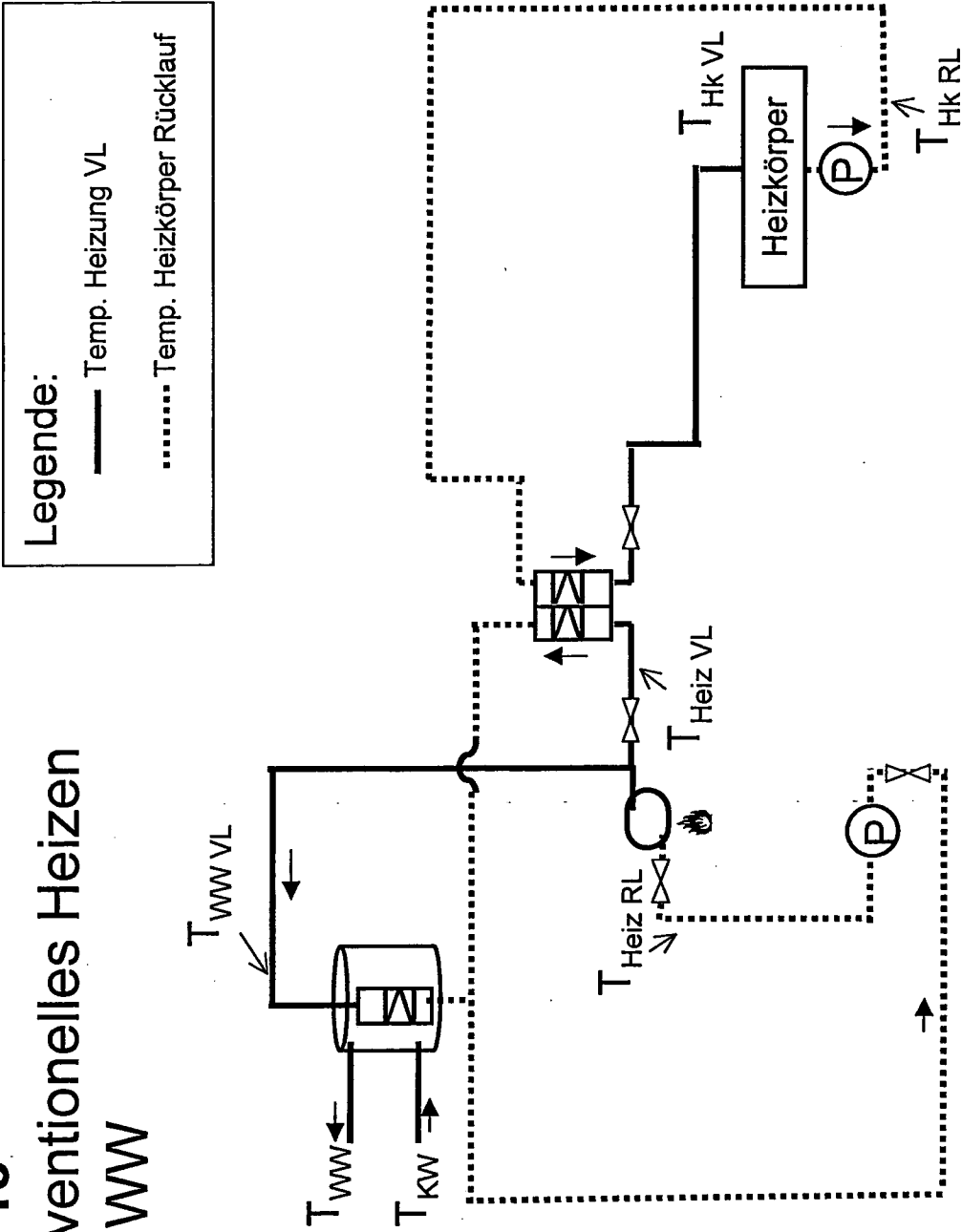


Fig. 16
Heizen und WW aus Solar-
kollektor und Heizanlage

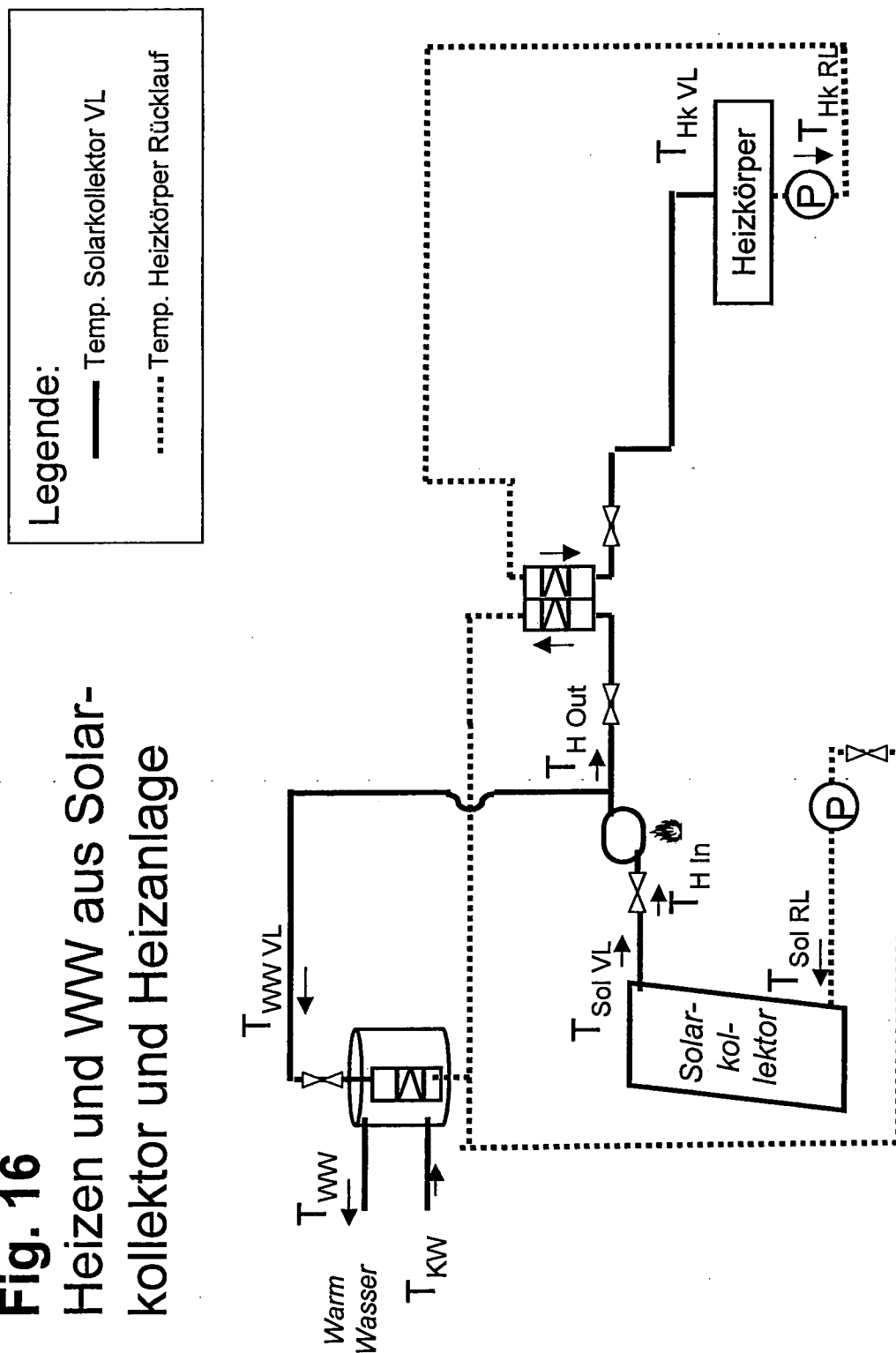
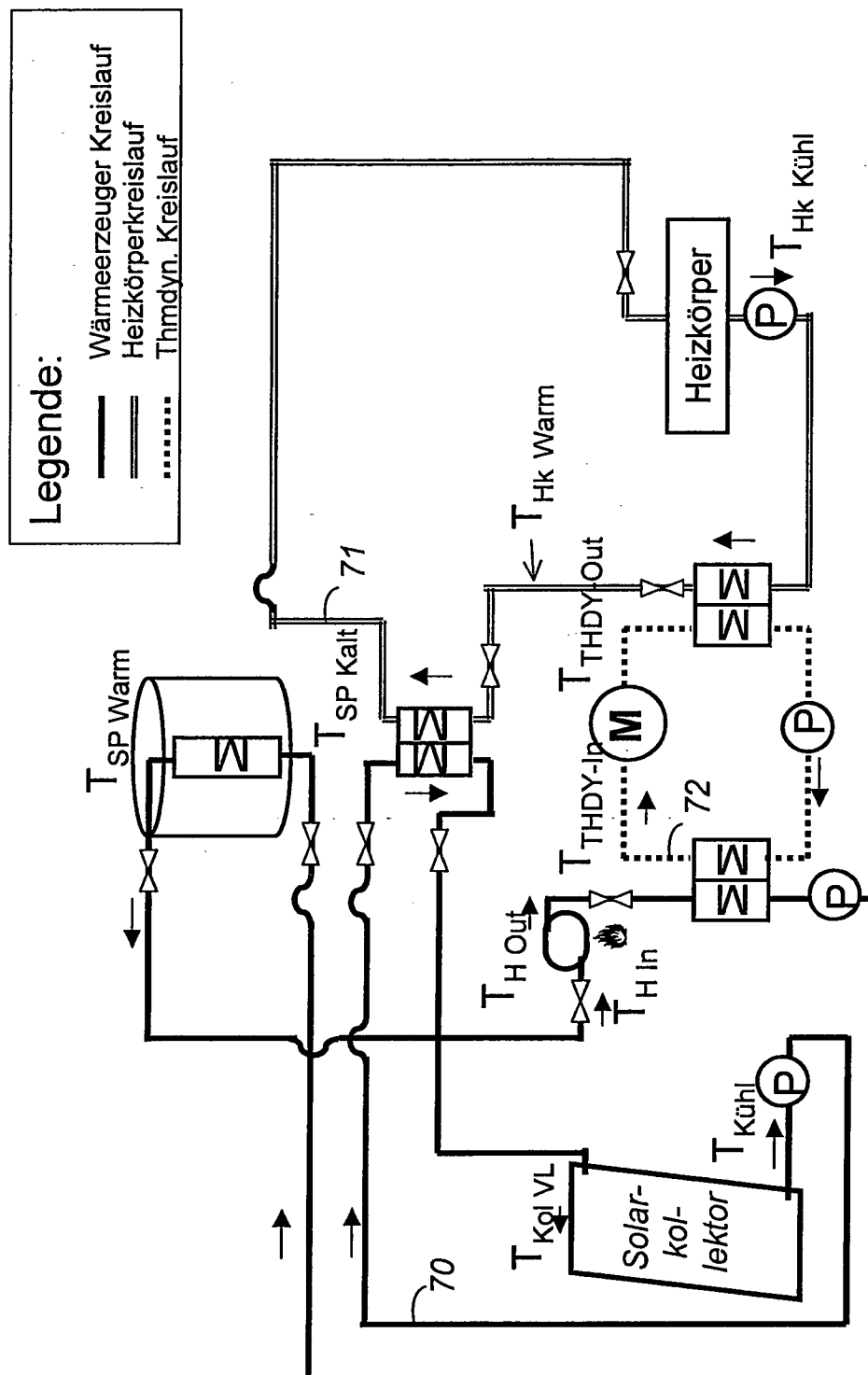


Fig. 19 Stromproduktion aus Restwärme



20/21

Fig. 20 Solare Energieverwertung im Tagesverlauf
(Sommerbetrieb) und bevorzugte Temperaturbereiche

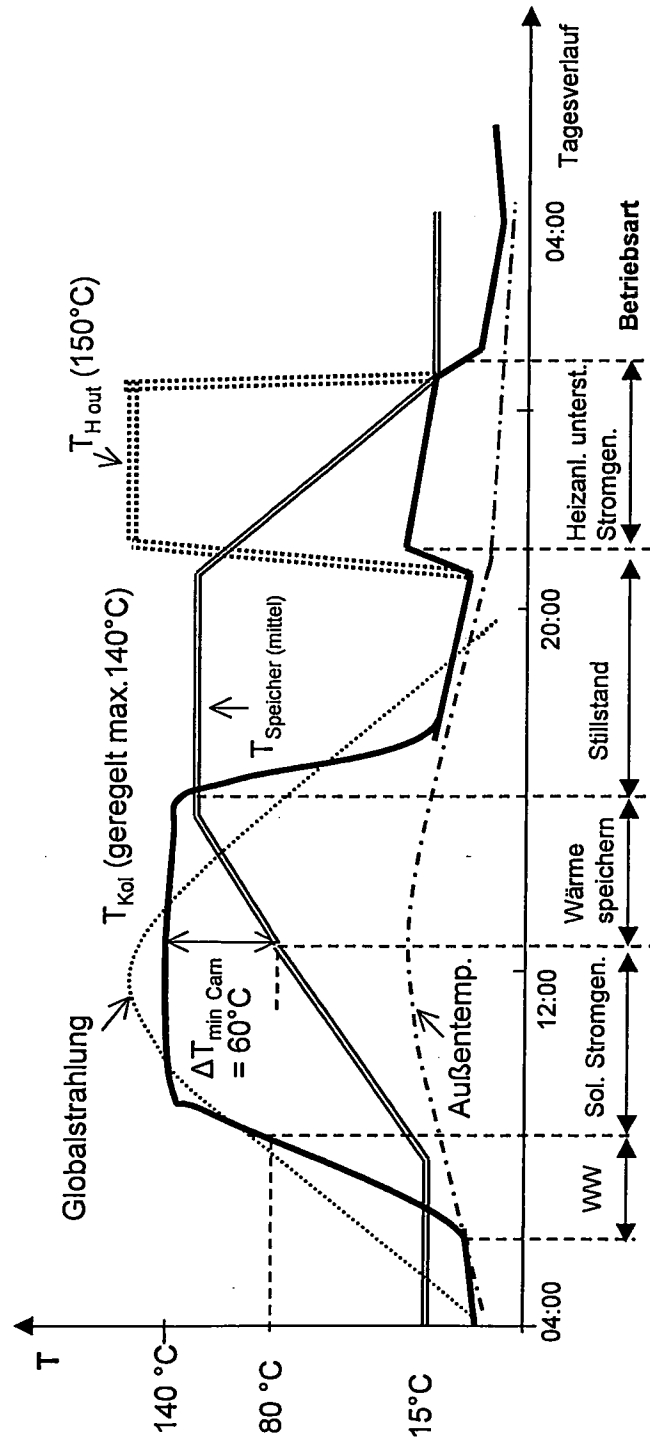


Fig. 21 Kostengünstige Ausführung

