

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 148/2012
(22) Anmeldetag: 03.02.2012
(45) Veröffentlicht am: 15.03.2013

(51) Int. Cl. : **F25B 15/00** (2006.01)
F01K 27/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2010154419 A1
US 2005086971 A1

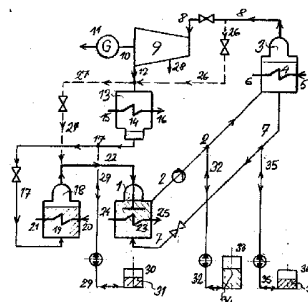
(73) Patentinhaber:
BECKMANN GEORG DR.
1230 WIEN (AT)

(72) Erfinder:
BECKMANN GEORG DR.
WIEN (AT)

(54) **VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR ERZEUGUNG VON KÄLTE UND/ODER NUTZWÄRME SOWIE MECHANISCHER BZW. ELEKTRISCHER ENERGIE MITTELS EINES ABSORPTIONSKREISLAUFES**

(57) Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erzeugung von Kälte und/oder Nutzwärme sowie von mechanischer bzw. elektrischer Energie unter der Verwendung eines Absorptionskreislaufes, mit einem Desorber (3), einer Expansionsmaschine (9) zur Erzeugung der mechanischen Energie, einem Kondensator (13), einem Verdampfer (18) und einem Absorber (1), samt verbindenden Rohrleitungen, Pumpen und Armaturen; die erfinderische Speicherung von Produktströmen unterschiedlicher Kältemittelkonzentrationen in Speichern (30, 33, 36) ermöglicht sowohl die Spitzenlastdeckung der Energiebereitstellung als auch die Anpassung an wechselnde thermische Gegebenheiten der Wärmequelle und der Verbraucher.

Fig. 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erzeugung von Kälte und/oder Nutzwärme sowie von mechanischer bzw. elektrischer Energie mittels eines Absorptionskreislaufes.

[0002] Die Erzeugung von Kälte mittels eines Absorptionskreislaufes unter der Verwendung einer Wärmequelle ist seit langem Stand der Technik, insbesondere mit dem Kältekreislaufmedium: Ammoniak (NH₃) als Kältemittel und Wasser (H₂O) als Absorptionsmittel. Ein Absorptionskreislaufes kann auch Nutzwärme erzeugen, indem Kälteenergie oder Umgebungswärme auf das Niveau der Nutzwärme transformiert wird („Wärmestrafo“). Gegenüber den verbreiteten Kompressionskältemaschinen und Wärmepumpen benötigt der Absorptionskreislauf nur wenig Antriebsleistung (z. B. für Pumpen). Gemäß dem fortschrittlichen Stand der Technik zeigen die Patentanmeldungen US2010/0154419A1 und US2005/0086971A1 Absorptionskreisläufe, in welchen der Dampf aus dem (von einer Wärmequelle beheizten) Absorber über eine Turbine bzw. einem Schraubenexpander expandiert und mechanische bzw. elektrische Energie („Kraft“) erzeugt wird. Thermodynamisch betrachtet ist die gekoppelte Erzeugung von Kraft, Wärme, Kälte höchst effizient, jedoch ist das Verhältnis der erzeugten Anteile zueinander unflexibel und starr. In der Praxis entspricht der derart erzeugte Energiemix selten dem Bedarf des Verbrauchers, somit bleibt der Effizienzvorteil ein theoretischer. Schwankt obendrein die Wärmequelle selbst in Quantität und Qualität (z. B. bei der Abwärmenutzung), ist eine bedarfsgerechte Energieerzeugung nahezu unmöglich.

[0003] Die Erfindung hat sich zur Aufgabe gestellt, die genannten Nachteile zu vermeiden. Dies wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 erreicht. Der Unteranspruch zeigt eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung.

[0004] Die Figuren 1 bis 3 verdeutlichen die Erfindung:

[0005] Fig. 1 zeigt das Verfahrensfließbild des Absorptionskreislaufes gemäß dem fortschrittlichen Stand der Technik,

[0006] Fig. 2 zeigt das erfindungsgemäße Speichersystem zur Erhöhung der Flexibilität der Energiebereitstellung,

[0007] Fig. 3 zeigt eine Variante zur Fig. 2, welche das Speichersystem weiter vereinfacht.

[0008] Fig. 1 zeigt das Verfahrensfließbild des Absorptionskreislaufes; als Zusatzinformationen sind in diesem Verfahrensfließbild folgende Koordinaten eingetragen:

[0009] a. Abszisse (x-Achse): Die Temperatur in der jeweiligen Komponente, d. h. eine Komponente mit höherer Temperatur ist weiter rechts angeordnet.

[0010] b. Ordinate (y-Achse): Der Druck in der jeweiligen Komponente, d. h. eine Komponente mit einem höheren Druck ist weiter oben angeordnet.

[0011] c. Die Hauptdiagonale (45°-Gerade): Die Konzentration (Massenanteil vom Kältemittel im Arbeitsmedium): rechts von der Hauptdiagonale befindet sich der kältemittelarme, links davon der kältemittlereiche Teil des Kreislaufes.

[0012] d. Ein Energieeintrag ist mit einem Pfeil zur Komponente hin, eine Energieabgabe mit einem Pfeil von der Komponente weg angedeutet.

[0013] e. Die mechanische bzw. elektrische Energie wird mit „P“ bezeichnet, die Wärmeenergie mit „Q“. Wärmeeinträge mit einem Temperaturniveau deutlich unter der Umgebungstemperatur sind Kälteenergien, Wärmeabgaben mit einem Temperaturniveau deutlich über der Umgebungstemperatur sind Nutzwärmen (z. B. Wärmen für Heiz- und Prozesszwecke).

[0014] Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich zunächst auf den Absorptionskreislauf im „Kraft-Kälte-Modus“.

[0015] Das Arbeitsmedium des Kreislaufes, ein binäres Gemisch aus dem Kältemittel, z. B.

NH₃, und dem Absorptionsmittel, z. B. H₂O, verlässt mit einer vorgegebenen Konzentration den Absorber 1 und gelangt über die Speiseleitung mit Speisepumpe 2 in den Desorber 3, der über eine Desorber-Wärmetauscherfläche 4 mittels eines Heizmediums, z. B. einem heißen Rauchgas, mit der Wärme Q_d beheizt wird (das Heizmedium tritt beim Desorber-Heizmedium eintritt 5 ein und verlässt diesen beim Desorber-Heizmediumaustritt 6). Im Desorber kommt es zur Desorption (zum Ausdampfen des Kältemittels); die zurückbleibende kältemittelarme Lösung verlässt den Desorber 3 und gelangt über die Lösungsrücklaufleitung mit Entspannungsventil 7 zurück in den Absorber 1. Der entstehende Frischdampf hingegen ist kältemittelreich und er verlässt den Desorber 3.

[0016] Der heiße und gespannte Frischdampf fließt über die Frischdampfleitung mit Regel- bzw. Schnellschussventil 8 der Expansionsmaschine 9, z. B. als Turbine oder Schraubenexpander ausgeführt, zu; diese Expansionsmaschine 9 gibt die mechanische Leistung an der Expansionsmaschinen-Welle 10, z. B. an einen elektrischen Generator 11, ab, wobei elektrische Energie P erzeugt wird, während der expandierte Abdampf die Expansionsmaschine 9 verlässt.

[0017] Der Abdampf fließt über die Abdampfleitung 12 dem Kondensator 13 zu, in welchem über die Kondensator-Wärmetauscherfläche 14 Wärme entzogen wird, wobei sich ein Kühlmedium, z. B. Umgebungsluft oder Kühlwasser, eintretend beim Kondensator-Kühlmedium eintritt 15 und austretend beim Kondensator-Kühlmediumaustritt 16, aufheizt und dabei die Wärme Q_c an die Umgebung abführt. Der solcherart verflüssigte Abdampf - das Kondensat - sammelt sich und verlässt den Kondensator 13.

[0018] Das Kondensat fließt über die Kondensatleitung mit Entspannungsventil 17 dem Verdampfer 18 zu, welchem über eine Verdampfer-Wärmetauscherfläche 19 mittels eines Kältemediums, z. B. einer frostsicheren Kältemischung, welches beim Verdampfer-Kältemedium eintritt 20 eintritt und beim Verdampfer-Kältemediumaustritt 21 austritt, Wärme entzogen wird; da der Verdampfer 18 mit einem geringeren Druck als der Kondensator 13 betrieben wird, liegt die Verdampfungstemperatur in der Regel unter der Umgebungstemperatur, hier wird also die Kälteleistung Q_v erbracht. Der Kältemitteldampf verlässt über den Verdampfer 18.

[0019] Der Kältemitteldampf mit geringem Druck gelangt über Kältemitteldampfleitung 22 und in den Absorber 1, wo sich der Kältemitteldampf mit der kältemittelarmen Lösung vereinigt; diese Absorption ist einerseits mit einer Unterdruckbildung verbunden, andererseits wird dabei die Lösungsmittelwärme frei, welche über die Absorber-Wärmetauscherfläche 23 abgeführt wird, wobei sich ein Kühlmedium, z. B. Umgebungsluft oder Kühlwasser, vom Absorber-Kühlmedium eintritt 24 zum Absorber-Kühlmediumaustritt 25 aufheizt und dabei die Wärme Q_a an die Umgebung abführt. Mit der Entstehung des Lösungsmittels mit der vorgegebenen Konzentration und der Bereitstellung dieser über Speiseleitung mit Speisepumpe 2 schließt sich der Kreislauf.

[0020] Zur Anpassung der erzeugten Kälteleistung an dem Kältebedarf sind im Verfahrensbild folgende Bypassleitungen strichliert eingezeichneten: Die Frischdampfbypassleitung mit Bypassventil 26 zweigt von der Frischdampfleitung 8 ab und umgeht die Expansionsmaschine 9 - der abgezweigte Frischdampf gelangt über die Abdampfleitung 12 in den Kondensator 13; diese Betriebsweise wird man z. B. wählen, wenn die Kälteleistung gesteigert werden soll. Die Abdampfbypassleitung mit Bypassventil 27 zweigt hingegen von der Abdampfdampfleitung 12 ab und umgeht den Kondensator 13 und den Verdampfer 18 - der abgezweigte Abdampf gelangt über die Kältemitteldampfleitung 22 in den Absorber 1; diese Betriebsweise ist angezeigt, wenn kein Kältebedarf vorhanden ist. Beide Betriebsweisen sind verlustreich.

[0021] Es ist aber auch die Produktion von Nutzwärme möglich, indem die Entnahme dieser z. B. an der Expansionsmaschinen-Anzapfleitung 28 erfolgt. Energetisch bestechender ist es hingegen, den Kondensator 13 und/oder den Absorber 1 bewusst bei einer Temperatur höher als die Umgebungstemperatur zu fahren, sodass am Kondensator-Kühlmediumaustritt 16 bzw. am Absorber-Kühlmediumaustritt 25 die Nutzwärmen Q_c bzw. Q_a anfallen. Führt man dem Verdampfer 18 Umgebungswärme zu, dann fährt der Absorptionskreislauf im „Kraft-Wärmefo-Modus“. Eine Kombination der beiden beschriebenen Betriebsmodi ist ein „Kraft-

Wärmetrafo-Kälte-Modus" (Tri-Generation), bei der am Verdampfer 18 die Kälteleistung Q_v als Wärmequelle hergezogen wird. Der Gesamtwirkungsgrad der Kopplungsanlage kann dabei deutlich über 100 % liegen. Bedauerlicherweise kann wegen der starren Kopplung des erzeugten Energiemixes dieser Vorteil in der Praxis kaum genutzt werden.

[0022] Fig. 2 zeigt zusätzlich zum vom Verfahrensfliessbild gemäß der Fig. 1 das erfinderisches Energiespeichersystem, welches nicht nur temporäre Variationen der Kälte- und/oder Wärme-erzeugung (Spitzenlastherzeugung), sondern auch Veränderungen der Konzentrationen im Gesamtkreislauf zum Zwecke der optimalen Anpassung an die Gegebenheiten der Wärmequelle ermöglicht.

[0023] Von der Funktion her gesehen sind drei Speichersystem vorgesehen:

[0024] 1. Eine Kondensat-Lade/Entladeleitung 29 zweigt von der Kondensatleitung 17 ab und führt zu einem Kondensat-Speicher 30 mit dem Flüssigkeitsstand bzw. -volumen 31; die Lade/Entladeleitung ist dabei als in beiden Richtungen durchflossene Leitung mit einer reversierbaren Pumpe eingezeichnet, jedoch existieren für diese Problemstellung auch andere bekannte Ausführungsformen.

[0025] 2. Eine Speise-Lade/Entladeleitung 32 zweigt von der Speiseleitung 2 ab und führt zu einem Speise-Speicher 33 mit dem Flüssigkeitsstand bzw. -volumen 34.

[0026] 3. Eine Lösungs-Lade/Entladeleitung 35 zweigt von der Lösungsrücklaufleitung 7 ab und führt zu einem Lösungs-Speicher 36 mit dem Flüssigkeitsstand bzw. -volumen 37.

[0027] Mit diesen drei Speichersystemen lassen sich verschiedene Betriebsweisen bzw. Modifahren:

[0028] a. Bei einer temporär höheren Kälteleistung (Kältespitzenlast) werden dem Kondensat-Speicher 30 mit dem Flüssigkeitsstand 31 und dem Lösungs-Speicher 36 mit dem Flüssigkeitsstand 37 entladen, das heißt die Flüssigkeitsstände 31 und 37 werden abgesenkt, indem die Kondensat-Lade/Entladeleitung 29 und die Lösungs-Lade/Entladeleitung 35 in der Richtung zu den Leitungen 17 bzw. 7 durchströmt werden. Der Verdampfer 18 und der Absorber 1 werden dadurch mit den für die Kälteproduktion nötigen Flüssigkeiten der dazugehörigen Konzentration versorgt. Andererseits steigt im Speise-Speicher 33 der Flüssigkeitsstand 34, indem die Speise-Lade/Entladeleitung 32 überschüssige Speise aus der Speiseleitung 2 aufnimmt. Bei einer temporär niedrigeren Kälteleistung (Kälteschwachlast) wird umgekehrt verfahren. Diese temporäre Lastabdeckung lässt sich nur soweit fahren, bis mindestens einer der Speicher entladen oder geladen ist. Da die erforderliche Kälteleistung zuweilen einer periodischen Schwankung unterliegt, ist die beschriebene temporäre Lastabdeckung von hohem Wert.

[0029] b. Mit den Speichersystemen lassen sich auch die Konzentrationsverhältnisse im Arbeitsmedium des Gesamtkreislaufes beeinflussen. Das Laden des Kondensat-Speicher 30, bei dem der Flüssigkeitsstand 31 ansteigt, führt bei einem gleichbleibenden Ladezustand des Speise-Speicher 33, bei dem der Flüssigkeitsstand 34 gleichbleibt, zu einem Entladen des Lösungs-Speichers 36, bei dem sein Flüssigkeitsstand 37 absinkt, sodass dem Gesamtkreislauf kältemittelreiches Kondensat entzogen wird und der fließende Gesamtkreislauf bezüglich seiner Konzentration zur kältemittelarmen Seite schifft; dieser Betriebsmodus könnte vorteilhaft sein, wenn trotz höherer, möglicher Systemtemperaturen höhere Systemdrücke vermieden werden sollen (so bring z. B. bei einem konstanten Desoberdruck von 30 bar eine Kältemittelverarmung von 70 auf 10 % NH₃ eine Siedepunktserhöhung von 85 auf 210 °C, wobei - beim Vorhandensein einer entsprechenden höher temperaturigen Wärmequellen - der Carnotwirkungsgrad von 20 auf 41 % steigt, womit sich auch die Ausbeute an Kraft verdoppelt). Sollten die Speichersysteme ausschließlich zur Beeinflussung Konzentrationsverhältnisse im Arbeitsmedium des Gesamtkreislaufes die-

nen und nicht auch zur Lastabdeckung gemäß dem Punkt a., so kann der Speise-Speicher 33 samt der Speise-Lade/Entladeleitung 32 entfallen.

[0030] Eine derartige Speicherung ist neuartig und es ist schwierig, diese in herkömmliche Kategorien zu klassifizieren: Die Speicher arbeiten drucklos, speichern bei Umgebungstemperatur, haben also auch keine Wärmeverluste, weisen aber verschiedene Konzentrationen des Kältekreislaufmediums auf. Im Grunde wird latente Energie (Trennarbeit bei der Desorption) gespeichert und die Energiedichte übertrifft in der Regel jene eines Wärmespeichers.

[0031] Fig. 3 zeigt eine Variante zum Verfahrensbild gemäß der Fig. 2; hier werden der Kondensat-Speicher 30, gegebenenfalls der Speise-Speicher 33 und der Lösungs-Speicher 36 von der Funktion her in ein einzigem Schichtspeicher 38 zusammengefasst, wobei die Kondensat-Lade/Entladeleitung 29 in das Kondensat-Flüssigkeitsvolumen 31, gegebenenfalls die Speise-Lade/Entladeleitung 32 in das Speise-Flüssigkeitsvolumen 34 und die Lösungs-Lade/Entladeleitung 35 in das Lösungs-Flüssigkeitsvolumen 37 innerhalb des Schichtspeichers 38 führen. Da die verschiedenen Flüssigkeitsvolumina nicht nur unterschiedliche Konzentrationen, sondern auch unterschiedliche Dichten haben, kommt es innerhalb des Schichtspeichers 38 nicht zur Vermischung, sondern zur erwünschten Schichtbildung mit Trennschichten 39 bzw. 40. Das Volumen des Schichtspeichers 38 ist dabei kleiner als das Gesamtvolumen der Speicher 30 und 36 bzw. auch 33 der Fig. 2, da diese Speichersysteme im „Gegentakt“ arbeiten.

[0032] Das erfinderische Verfahren eröffnet ein riesiges Anwendungsfeld und ermöglicht fundamentale Verbesserungen hinsichtlich der Energieeffizienz und der Kosteneffizienz:

[0033] a. Der vorgeschlagene Kreisprozess erzeugt Kraft, Wärme, Kälte mit einer einzigen Anlage. Die Speicherung ermöglicht die verschiedenen Energieformen bedarfsgerecht zur Verfügung zu stellen. Diese gekoppelte Energiedienstleistung erhöht die Energieeffizienz, die jährliche Ausnutzung und vereinfacht den apparativen Aufwand drastisch gegenüber der getrennten Erzeugung der Energieformen.

[0034] b. Das Verfahren eignet sich besonders für die Nutzung von erneuerbaren Energien (Biomassegefeuerte, Solarthermische, Geothermische Energien), von Abwärmern (z. B. industrieller Herkunft, aus Abgasen von Motoren), von Wärmern aus Fernwärmeleitungen.

[0035] Die Nutzung von Wärmern aus Fernwärmeleitungen zur dezentralen und emissionsfreien Strom-, Wärme- und Kälteerzeugung soll beispielhaft quantifiziert werden. Das Fernwärmenetz beheizt den Desorber 3 mit der Wärme Q_d . Der Generator 11 erzeugt die elektrische Energie P . Die Wärmern Q_c des Kondensators 13 und Q_a des Absorbers 1 werden als Nutzwärmern ausgekoppelt. Die Kälteleistung Q_v wird am Verdampfer 18 erzeugt. Die nachstehende Tabelle zeigt, dass der Gesamtwirkungsgrad weit über 100% liegt.

Desorber: Fernwärme-Auskopplung (140/55 °C) Q_d	kW	„1000“
Stromerzeugung P (10 % von Q_d)	kW	100
Differenz $Q_d - P$	kW	900
Wärmeverhältnis $Q_v / (Q_d - P)$	%	50%
Kälteleistung (-15 °C) Q_v	kW	450
Nutz-Wärmeleistung (40 °C) $Q_n = Q_c + Q_a$	kW	1350
Gesamte Energieleistung $P + Q_n + Q_v$	kW	1900
Gesamtwirkungsgrad $(P + Q_n + Q_v) / Q_d$	%	190%

[0036] Derartige Tri-Generation-Anlagen könnten dezentral und nahe der Fernwärmeleitung angeordnet Gebäude, Komplexe, Zentren emissionsfreien mit Strom, Nutzwärmern und Kälte versorgen und die Fernwärmeleitung auch außerhalb der Heizperiode ausnutzen. Die Voraus-

setzungen dafür sind die bedarfsgerechte Erzeugung des Energiemix sowie die Fähigkeit, mit gleitenden Vorlauftemperaturen zurecht zu kommen. Diese Voraussetzungen werden durch die erfindungsmäßige Speicherung erfüllt.

FIGUREN-LEGENDE:

- 1 Absorber
- 2 Speiseleitung mit Speisepumpe
- 3 Desorber (auch: Austreiber, Kocher, Dampferzeuger)
- 4 Desorber-Wärmetauscherfläche
- 5 Desorber-Heizmedium eintritt
- 6 Desorber-Heizmedium austritt
- 7 Lösungsrücklaufleitung mit Entspannungsventil
- 8 Frischdampfleitung mit Regel- bzw. Schnellschlussventil
- 9 Expansionsmaschine
- 10 Expansionsmaschinen-Welle
- 11 Generator
- 12 Abdampfleitung
- 13 Kondensator (auch: Verflüssiger)
- 14 Kondensator-Wärmetauscherfläche
- 15 Kondensator-Kühlmedium eintritt
- 16 Kondensator-Kühlmedium austritt
- 17 Kondensatleitung mit Entspannungsventil
- 18 Verdampfer
- 19 Verdampfer-Wärmetauscherfläche
- 20 Verdampfer-Kältemedium eintritt
- 21 Verdampfer-Kältemedium austritt
- 22 Kältemitteldampfleitung
- 23 Absorber-Wärmetauscherfläche
- 24 Absorber-Kühlmedium eintritt
- 25 Absorber-Kühlmedium austritt
- 26 Frischdampfby-passleitung mit Bypassventil
- 27 Abdampfby-passleitung mit Bypassventil
- 28 Expansionsmaschinen-Anzapfleitung
- 29 Kondensat-Lade/Entladeleitung
- 30 Kondensat-Speicher
- 31 Kondensat-Flüssigkeitsstand bzw. -volumen
- 32 Speise-Lade/Entladeleitung
- 33 Speise-Speicher
- 34 Speise-Flüssigkeitsstand bzw. -volumen
- 35 Lösung-Lade/Entladeleitung
- 36 Lösung-Speicher
- 37 Lösung-Flüssigkeitsstand bzw. -volumen
- 38 Schichtspeicher
- 39 Trennschicht
- 40 Untere Trennschicht

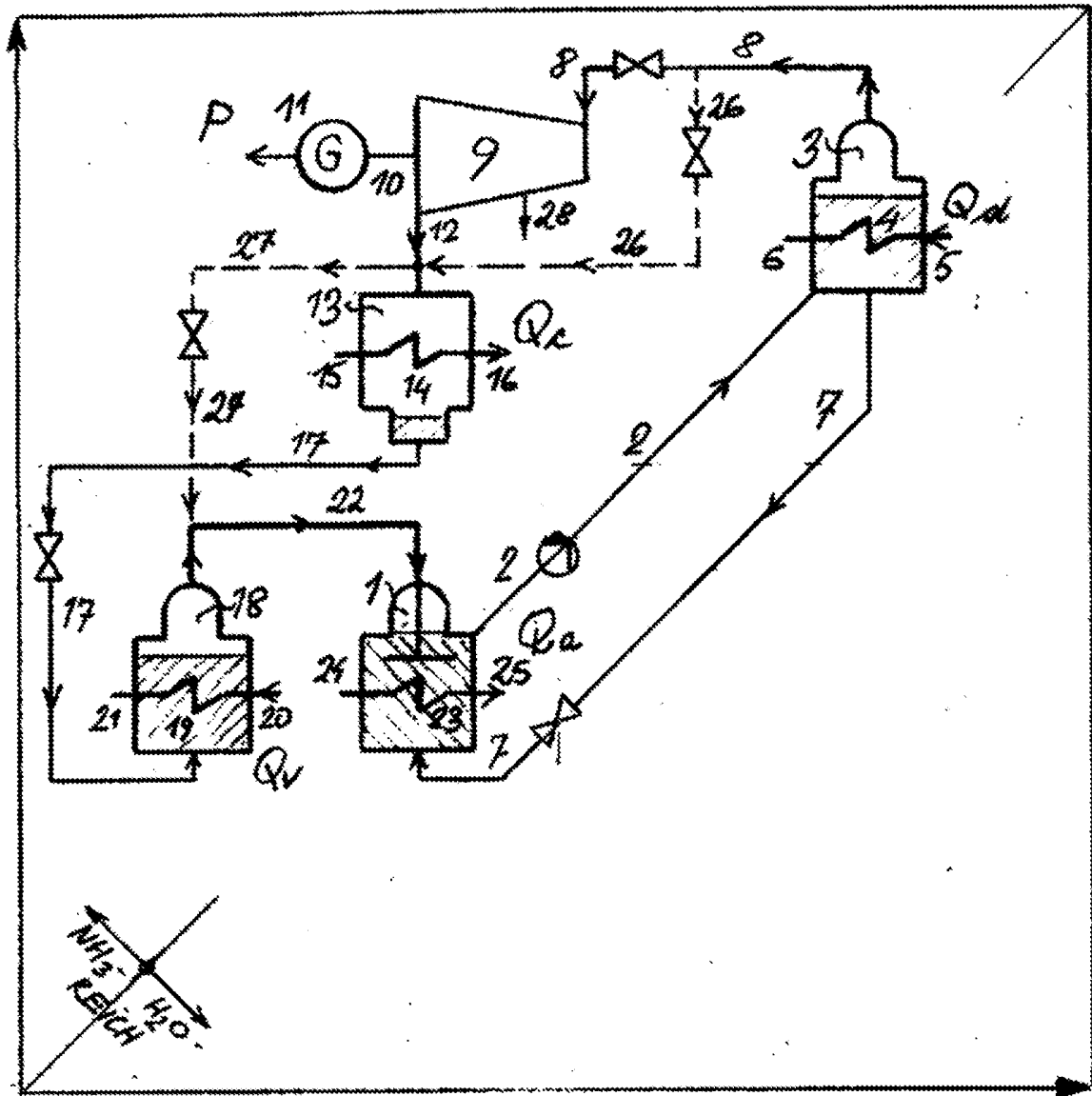
Patentansprüche

1. Einrichtung zur Erzeugung von Kälte und/oder Nutzwärme sowie von mechanischer bzw. elektrischer Energie mittels eines Absorptionskreislaufes, bei dem mindestens ein Absorber (1) mit mindestens einem Desorber (3) über eine Speiseleitung mit Speisepumpe (2) sowie einer Lösungsrücklaufleitung mit Entspannungsventil (7) verbunden ist und zwischen mindestens einem Desorber (3) und mindestens einem Kondensator (13) und/oder mindestens einem Absorber (1) mindestens eine Expansionsmaschine (9) zur Erzeugung von mechanischer bzw. elektrischer Energie dazwischengeschaltet ist und mindestens ein Kondensator (13) mit mindestens einem Verdampfer (18) über eine Kondensatleitung mit Entspannungsventil (17) verbunden ist und mindestens ein Verdampfer (18) mit mindestens einem Absorber (1) über eine Kältemitteldampfleitung (22) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass von einer Kondensatleitung (17) eine Kondensat-Lade/Entladeleitung (29) abzweigt und zu einem Kondensat-Speicher (30) führt und von einer Lösungsrücklaufleitung (7) eine Lösungs-Lade/Entladeleitung (35) abzweigt und zu einem Lösungsspeicher (36) führt sowie gegebenenfalls von einer Speiseleitung (2) eine Speise-Lade/Entladeleitung (32) abzweigt und zu einem Speise-Speicher (33) führt (Fig. 2).
2. Einrichtung nach dem Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kondensat-Lade/Entladeleitung (29) und eine Lösungs-Lade/Entladeleitung (35) sowie gegebenenfalls eine Speise-Lade/Entladeleitung (32) mit zu einem Schichtspeicher (38) verbunden ist (Fig. 3)

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

Druck



Temperatur

Fig. 2

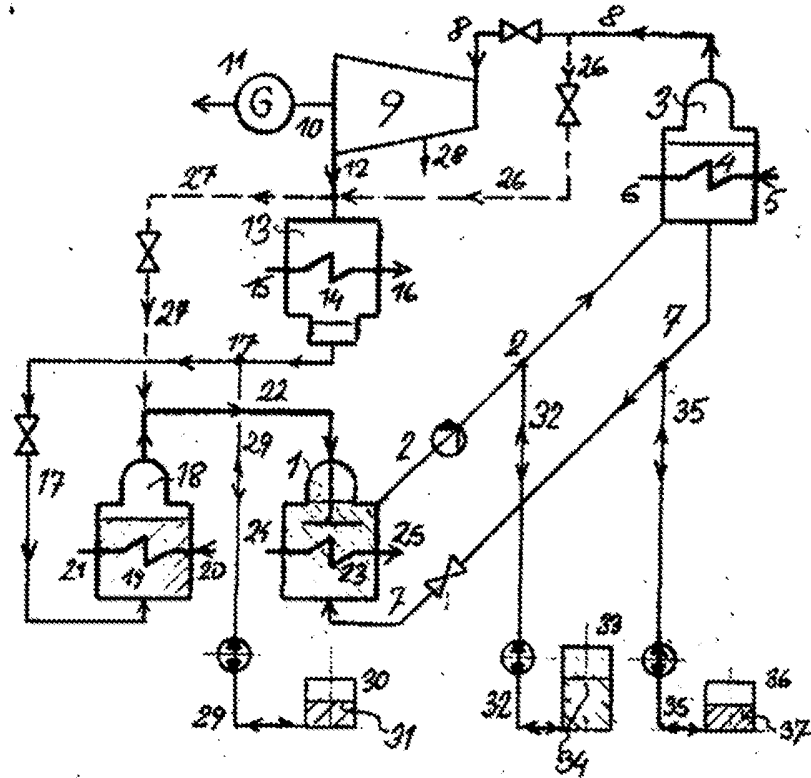


Fig. 3

