



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪

643 916

⑫① Gesuchsnummer: 8077/79

⑦③ Inhaber:
BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.,
Baden

⑫② Anmeldungsdatum: 07.09.1979

⑫④ Patent erteilt: 29.06.1984

⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 29.06.1984

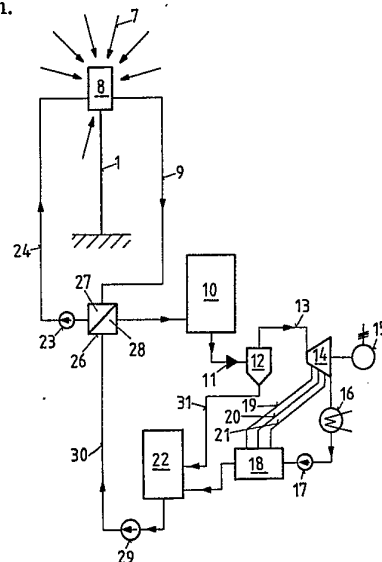
⑦② Erfinder:
Dr. Georg Oplatka, Zürich

⑤④ Solarthermisches Kraftwerk.

⑤⑦ Das solarthermische Kraftwerk weist ein auf der Spitze eines Trockenkühlturmes (1) installiertes Kollektorsystem mit einem Strahlungsempfänger auf, der die von einem konventionellen Heliostatenfeld gebündelte Sonnenstrahlung aufnimmt und an einen Wärmeempfänger (8) abgibt. Der Strahlungsempfänger erstreckt sich kreisringsektorförmig über einen Teil des Umfanges der Krone des Trockenkühlturmes (1).

Der Wärmeempfänger (8) gibt seine Wärme über einen Wärmetauscher (26) an einen Warmwasserspeicher (10) ab, der wechselweise oder sich überschneidend thermisch geladen und entladen wird. Der Ladekreis enthält den Wärmeempfänger (8), eine Sammelleitung (9), einen Wärmetauscher (26), den Warmwasserspeicher (10), eine Rücklaufpumpe (23) und eine Rücklaufleitung (24). Zum Entladekreis gehören vom Warmwasserspeicher (10) ausgehend ein Drosselorgan (11), ein Expansionsgefäß (12), eine Dampfzuleitung (13) von diesem Expansionsgefäß (12) zu einer Turbine (14), ferner ein Kondensator (16), eine Kondensatpumpe (17), eine von Zwischenstufenanzapfungen (19, 20, 21) beheizte Vorwärmanlage (18), ein Kaltwasserspeicher (22), eine Wasserrückleitung (31), sowie eine Rücklaufpumpe (29) und eine Rücklaufleitung (30), durch die das Wasser des Entladekreises nach Passieren des Wärmetauschers (26) in den Warmwasserspeicher (10) zurückgeführt wird.

Es können weniger grosse und schwere Empfänger verwendet werden. Ein kontinuierlicher Betrieb auch während sonnenscheinfreier Zeit ist mit Wasser in allen Kreisläufen möglich.



PATENTANSPRÜCHE

1. Solarthermisches Kraftwerk, mit einem auf einem Turm (1) installierten Strahlungsempfänger (2) und einem Heliostatenfeld (4), das am Fusse des Turmes (1) in Form eines Kreisringsektors auf Erdbodenniveau angeordnet ist und Spiegel aufweist, die in Abhängigkeit vom Sonnenstand gesteuert, die einfallende Sonnenstrahlung gebündelt auf den Strahlungsempfänger (2) richten, wobei der Strahlungsempfänger Absorberelemente enthält, die mit mindestens einem Wärmeempfänger (8; 32, 33, 34), der ein Arbeitsmittel enthält und im wesentlichen aus Kühlrohren und Sammelkammern an den Ein- und Austrittsenden der Kühlrohre besteht, in wärmeleitender Verbindung stehen, sowie mit einem Warmwasserspeicher (10) zur Speicherung des auf Betriebstemperatur aufgeheizten Arbeitsmittels und Einrichtungen zum thermischen Laden und Entladen des Warmwasserspeichers, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlungsempfänger (2) in eine Vielzahl von Teilempfängern (3) unterteilt ist und dass die Einrichtungen zum thermischen Laden und Entladen des Warmwasserspeichers (10) mindestens folgende Mittel aufweisen:

- ein dem Warmwasserspeicher (10) nachgeschaltetes Drosselorgan (11) zur Reduzierung des Druckes zwecks Erzeugung von Dampf aus dem erwärmten Wasser,

- eine einem Kondensator (16) und einer Kondensatpumpe (17, 40) nachgeschaltete, über Zwischenstufenanzapfungen (19, 20, 21 bzw. 41, 42) durch Anzapfdampf beheizbare Vorwärmanlage (18),

- einen Kaltwasserspeicher (22) zur Aufnahme jenes Wassers, das bei der Drosselung nicht in Dampf umgewandelt worden ist, und eine Wasserrückleitung (25; 31; 50) zur Abführung dieses Wassers in den Kaltwasserspeicher (22) sowie

- mindestens eine Rücklaufpumpe (23; 29 + 23; 45) und mindestens eine Rücklaufleitung (24; 30 + 24; 43) zur Aufrechterhaltung der Wasserströmung während des Ladevorgangs.

2. Kraftwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlungsempfänger (2) kreisringsektorförmig ausgebildet und dass zwischen dem Drosselorgan (11) und einer Turbine (14) ein Expansionsgefäß (12) zur Erzeugung von Dampf aus dem Warmwasser vorgesehen ist.

3. Kraftwerk nach Anspruch 2, mit einem einzigen Wärmeempfänger (8), gekennzeichnet durch eine den Wärmeempfänger (8) mit dem Warmwasserspeicher (10) direkt verbindende Sammelleitung (9) für das dem Warmwasserspeicher (10) zuzuführende erwärmte Wasser und eine den Kaltwasserspeicher (22) mit dem Wärmeempfänger (8) direkt verbindende Rücklaufleitung (24) für das in den Wärmeempfänger (8) zurückzufördernde Wasser:

4. Kraftwerk nach Anspruch 2, mit einem einzigen Wärmeempfänger (8), gekennzeichnet durch einen Wärmetauscher (26), der mit dem Wärmeempfänger (8), einer Sammelleitung (9), einer Rücklaufpumpe (23) und einer Rücklaufleitung (24) einen geschlossenen, vom übrigen Anlagenteil bezüglich des Arbeitsmittels separierten Kreis bildet (Fig. 4).

5. Kraftwerk nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (26) mit dem Warmwasserspeicher (10) eine bauliche Einheit bildet (Fig. 5).

6. Kraftwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es drei Wärmeempfänger (32, 33, 34) aufweist, deren erster und zweiter (32, 33) zwecks Ladens des Warmwasserspeichers (10) mit diesem direkt über Leitungen (9, 47, 48) verbunden sind, wobei die Dampfantnahme für den Antrieb einer Turbine (14) direkt aus dem Warmwasserspeicher (10) erfolgt, dass zwischen dem Drosselorgan (11) und der Turbine (14) ein Ventil (35) vorgesehen ist, und dass ein für den Betrieb bei Sonneneinstrahlung bestimmter Kreis vorgesehen ist, der den dritten Wärmeempfänger (34), eine Dampfzuleitung (38), ein Drosselorgan (44), ein Ventil (36), die Kondensatpumpe (40), die Vorwärmanlage

(18) und die Wasserrückleitung (43) zum dritten Wärmeempfänger (34) aufweist, wobei letzterer für eine direkte Dampfbildung bestimmt ist.

7. Kraftwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es drei Wärmeempfänger (32, 33, 34) aufweist, von denen der erste (32) zwecks Ladens des Warmwasserspeichers (10) mit diesem direkt über eine Leitung (9) und der zweite (33) über eine Leitung (47 und 49) mit dem Kaltwasserspeicher (22) verbunden ist, so dass das im zweiten Wärmeempfänger (33) vorgewärmte Wasser erst auf dem Umweg durch den Kaltwasserspeicher (22) und dem ersten Wärmeempfänger (32) in den Warmwasserspeicher (10) gelangt, wobei die Dampfantnahme direkt aus letzterem erfolgt, dass zwischen dem Drosselorgan (11) und einer Turbine (14) ein Ventil (35) vorgesehen ist, und dass ein für den Betrieb bei Sonneneinstrahlung bestimmter Kreis vorgesehen ist, der den dritten Wärmeempfänger (34), eine Dampfzuleitung (38), ein Drosselorgan (44), ein Ventil (36), die Kondensatpumpe (40), die Vorwärmanlage (18) und die Wasserrückleitung (43) zum dritten Wärmeempfänger (34) aufweist, wobei letzterer für eine direkte Dampfbildung bestimmt ist.

8. Kraftwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlungsempfänger (2) auf einem Trockenkühlturm (1) installiert und der Warmwasserspeicher (10) als torusförmiger Ringbehälter ausgebildet und innerhalb des Mantels des Trockenkühlturms (1) angeordnet ist.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein solarthermisches Kraftwerk nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bei den bekannten Anlagen dieser Art, die auch als Turmkonzept bezeichnet wird, verwendet man in Abhängigkeit vom Sonnenstand gesteuerte Spiegel, die in ihrer Gesamtheit ein Heliostatenfeld bilden und die Sonnenstrahlen konzentriert auf einen auf einem Turm installierten Strahlungsempfänger richten, der Absorberelemente aufweist, die die empfangene Strahlung in Wärme umsetzen und diese an ein Arbeitsmedium abgeben, das in einem Rohrsystem zirkuliert. Die Spiegel des Heliostatenfeldes sind ähnlich wie die Sitze einer Arena in Form eines Kreisringsektors am Fusse des Turmes auf Erdbodenniveau angeordnet. Die Absorberelemente sind im allgemeinen einseitig offene, innen gschwärzte Hohlkörper, durch deren Öffnung das konzentrierte Strahlenbündel einfällt. Sie bilden also nahezu ideal schwarze Körper, wodurch praktisch die gesamte einfallende Strahlung zur Wärmeerzeugung ausgenutzt wird. Das Arbeitsmedium transportiert die aufgenommene Wärme zu den am Boden installierten Dampferzeugern, die in herkömmlicher Weise Turbogeneratoren zur elektrischen Energie speisen.

Der Wirkungsgrad des aus dem Heliostatenfeld und dem Strahlungsempfänger bestehenden Kollektorsystems hängt von der Temperatur des Strahlungsempfängers und damit vom Konzentrationsgrad der Strahlung auf den Empfänger ab. Er nimmt mit diesem stark zu, weshalb hohe Konzentrationsgrade angestrebt werden, die aber grosse und schwere Empfänger bedingen. Dieser Nachteil der bekannten Ausführung soll mit der vorliegenden Erfindung vermieden werden.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung von Speicherschaltungen, die einen kontinuierlichen Betrieb des Kraftwerks auch während der sonnenscheinfreien Zeit ermöglichen, wobei als Medium für den Wärmetransport, die unmittelbare Arbeitsleistung und die Speicherung ein und dieselbe Flüssigkeit, und zwar Wasser, verwendet wird, woraus gegenüber anderweitig vorgeschlagenen Zweistoffkreisläufen wirtschaftliche und betriebliche Vorteile resultieren.

Die im Patentanspruch 1 definierte Erfindung entstand aus der Aufgabenstellung, die vorstehend skizzierten Mängel der bisher vorgeschlagenen Anlagen nach dem Turmkonzept zu vermeiden.

Im folgenden werden einige in der Zeichnung dargestellte

Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. Es stellen dar:

Fig. 1 im Aufriss ein Heliostatenfeld mit einem Kühlturm, der als Tragkonstruktion für einen erfindungsgemässen Strahlungsempfänger dient und einen Bestandteil eines erfindungsgemässen solarthermischen Kraftwerks bildet,

Fig. 2 den zur Fig. 1 gehörigen Grundriss,

Fig. 3 das Schema einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemässen solarthermischen Kraftwerks, mit einem einzigen Kreis, die

Fig. 4 und 5 zwei Ausführungen mit einem Primär- und einem Sekundärkreis,

Fig. 6 die Anordnung eines Überhitzers im Kreislauf der Anlage und die

Fig. 7 eine Variante für eine direkte Dampfantnahme aus dem Wärmespeicher.

Fig. 1 stellt einen konventionellen Trockenkühlturm 1 dar, auf dessen Krone ein Strahlungsempfänger 2 in Form eines sich etwa über den halben Turmumfang erstreckenden Kreisringsektors angeordnet ist. Dieser Strahlungsempfänger 2 empfängt die von den Heliostaten gebündelt auf ihn reflektierte Lichtenergie und ist seinerseits wieder in eine Reihe von Teilempfängern 3 unterteilt, welche Absorberelemente enthalten, in denen die Strahlung in Wärme umgewandelt wird, die an von Wasser durchströmte Kühlrohre an der Rückseite der Absorberelemente abgegeben wird. Mit dem auf diese Weise erhitzten Wasser wird auf die unten beschriebene Weise Dampf erzeugt, der in einer konventionellen Dampfturbine Arbeit erzeugt.

Die Konzentration der Sonnenstrahlung auf den Strahlungsempfänger 2 erfolgt durch ein Heliostatenfeld 4, das in den einzelnen Teilempfängern 3 zugeordnete Sektoren 5 unterteilt ist. Diese Sektoren enthalten zur Kühlturmachse konzentrisch angeordnete Reihen von Heliostaten 6, deren Spiegelflächen vorzugsweise als Teile von Paraboloid- oder Kugelflächen ausgebildet sind und auf bekannte Weise um zwei Achsen in Abhängigkeit vom Sonnenstand so gesteuert werden, dass die Strahlen stets in die Öffnung der Absorberelemente gelangen.

Die Gesamtheit der Kühlrohre, die vom Arbeitsmittel durchströmt werden, das die Wärme der Absorberelemente abführt, sowie die dazugehörigen Sammelkammern am gemeinsamen Ein- und Austritt der Kühlrohre wird im folgenden Wärmeempfang genannt.

Damit die von den Absorberelementen empfangene Energie vom Arbeitsmittel, als das hier Wasser verwendet wird, ohne Dampfbildung aufgenommen werden kann, muss es unter Druck gehalten werden. Praktische Werte für Druck und Temperatur wären z. B. 10 bar und ca 180°C. Das im Wärmeempfang durch die Absorberelemente erwärmte Wasser gelangt über eine Sammelleitung entweder direkt in einen Warmwasserspeicher, aus dem dann das Wasser zur Dampferzeugung entnommen wird, oder aber es wird in einem abgeschlossenen Primärkreis umgewälzt und dabei durch einen Wärmetauscher geleitet, in dem es die Wärme an in einem von diesem Primärkreis getrennten Sekundärkreis zirkulierendes Wasser abgibt, in dem in gleicher Weise wie im ersten Fall der Dampf zum Antrieb der Turbine erzeugt wird.

Anlagen der ersten Art mit nur einem Kreis, von denen die Fig. 3 eine Ausführung zeigt, haben den Nachteil, dass der infolge der grossen Turmhöhe beträchtliche hydrostatische Druck den ganzen Kreis belastet. Bei den Anlagen der zweiten Art, von denen die Fig. 4 und 5 zwei Varianten darstellen, ist der Sekundärkreis durch den Wärmetauscher vom Primärkreis getrennt und demzufolge vom hydrostatischen Druck entlastet, wodurch die Anlagekomponenten leichter gehalten werden können.

In Fig. 3 symbolisiert 1 den Turm, bei dem es sich, wie in Fig. 1 dargestellt, um einen Trockenkühlturm handelt, für den aber auch irgendeine andere Turmkonstruktion in Frage kommt, etwa in Spannbeton- oder Fachwerkbauweise. Die Pfeile 7 deuten

symbolisch die vom Heliostatenfeld auf den Strahlungsempfänger konzentrierte Sonneneinstrahlung an. Aus einem symbolisch durch einen ein Rechteck dargestellten Wärmeempfang 8, der im wesentlichen aus Kühlrohren und Sammelkammern besteht und an den die Absorberelemente ihre durch die Sonnenstrahlung empfangene Wärme abgeben, wird das Wasser durch eine Sammelleitung 9 in einen Warmwasserspeicher 10 geleitet, aus dem es bei Bedarf über ein Drosselorgan 11 in ein Expansionsgefäss 12 geleitet wird, wo es wegen des dort herrschenden, geringeren Druckes teilweise in Dampf übergeht, der über eine Dampfzuleitung 13 in eine Dampfturbine 14 gelangt, die einen elektrischen Generator 15 antreibt. Der aus der Endstufe der Turbine strömende Abdampf kondensiert im Kondensator 16, aus dem das Kondensat durch eine Kondensatpumpe 17 in eine Vorwärmanlage 18 gefördert wird. Das Kondensat wird in demselben durch den Anzapfdampf, der Zwischenstufenanzapfungen 19, 20, 21 entnommen wird, noch über die Kondensattemperatur erwärmt.

Der Warmwasserspeicher 10 kann, wie in Fig. 1 dargestellt, raumsparend bei gleichzeitig grossem Speichervolumen als torusförmiger Ringbehälter ausgebildet und innerhalb des Kühlturmmanzels untergebracht werden.

Aus der Vorwärmanlage 18 wird das Kondensat in einen Kaltwasserspeicher 22 geleitet, der auch das im Expansionsgefäss 12 abgeschiedene Wasser aufnimmt. Eine Rücklaufpumpe 23 fördert das vorgewärmte Speisewasser aus dem Kaltwasserspeicher 22 über eine Rücklaufleitung 24 wieder in den Wärmeempfang 8 zurück. Der Kreislauf ist damit geschlossen.

Bei längerdauernder täglicher Insolation ist auf diese Weise ein Dauerbetrieb möglich, dessen Aufrechterhaltung, abgesehen von der Sonnenscheindauer, hauptsächlich von der wärmeabsorbierenden Fläche und dem Fassungsvermögen des Warmwasserspeichers und des Kaltwasserspeichers abhängt.

Je nach Intensität und zeitlichem Verlauf der Sonneneinstrahlung lassen sich zwei scharf getrennte oder sich überschneidende Betriebsperioden unterscheiden, wobei der letztere als Normalfall anzusehen ist. Bei diesem wird, während aus dem Warmwasserspeicher 10 über das Expansionsgefäss 12 Wasser bzw. Dampf zum Antrieb der Turbine 14 entnommen wird, der Wasservorrat des Warmwasserspeichers 10 gleichzeitig durch aus dem Wärmeempfang 8 zufließendes, erhitztes Wasser ergänzt. Es liegt also ein kontinuierlicher Betrieb mit gleichzeitigem Laden und Entladen des Warmwasserspeichers 10 vor.

Falls nach vorausgegangener, für ein Laden des Warmwasserspeichers 10 ausreichender Sonneneinstrahlung der weitere solare Wärmestrom für eine ausreichende Erwärmung des Arbeitsmittels nicht mehr genügt, wie bei zeitweiser Bewölkung, oder falls ein Kraftwerksbetrieb rund um die Uhr gefordert wird, so kann das Entladen des Warmwasserspeichers 10 für eine von seiner Speicherkapazität abhängige Zeitdauer fortgesetzt werden. Bei günstigen meteorologischen Verhältnissen ist auf diese Weise eine Auslegung eines solchen solarthermischen Kraftwerks für einen Dauerbetrieb möglich.

Es können bei dieser Variante mit einem einzigen, geschlossenen Arbeitsmittelkreislauf zwei Kreise, je einer für die Lade- und die Entladeperiode, definiert werden, von denen jener für das Laden, im folgenden Ladekreis genannt, den vollen Arbeitsmitteldurchsatz aufnimmt, während der zweite, der Entladekreis zum Antrieb der Turbine, von einem von der Leistungsaufnahme der Turbine abhängigen Anteil des gesamten Arbeitsmittels durchströmt wird.

Der in der Entladeperiode aktive Entladekreis umfasst den Weg aus dem Warmwasserspeicher 10 über die Drossel 11 zum Expansionsgefäss 12, von diesem in die Turbine 14, den Kondensator 16 und die Pumpe 17 zur Vorwärmanlage 18 und in den Kaltwasserspeicher 22. Hier mündet der aus dem Warmwasserspeicher 10 abzweigende Entladekreis in den Ladekreis, der den vollen Arbeitsmitteldurchsatz aufnimmt und dessen Hauptteile

der Kaltwasserspeicher 22, die Rücklaufpumpe 23, die Rücklaufleitung 24, den Wärmeempfänger 8, die Sammelleitung 9, der Warmwasserspeicher 10, das Drosselorgan 11, das Expansionsgefäß 12 und eine Wasserrückleitung 25 bilden, die den Ladekreis schliesst.

Bei dieser Ausführung haben also der Lade- und der Entladekreis den Warmwasserspeicher 10, das Drosselorgan 11 und das Expansionsgefäß 12 gemeinsam. Bei der nächsten, in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform sind diese beiden Kreise durch einen Wärmetauscher 26 getrennt. Wie bereits erwähnt, hat diese Bauart den Vorteil, dass die Komponenten des Entladekreises vom statischen Druck infolge des hochgelegenen Wärmeempfängers entlastet sind und damit leichter und billiger ausgeführt werden können. Der Ladekreis besteht hierbei aus dem Wärmeempfänger 8, der Sammelleitung 9, der primärseitigen Kammer 27 des Wärmetauschers 26, der Rücklaufpumpe 23 und der Rücklaufleitung 24.

Der Entladekreis weist zusätzlich zu den Komponenten, die er mit jenen der in Fig. 3 gezeigten Ausführung gemein hat und denen demgemäss gleiche Bezugszahlen zugeordnet sind, die folgenden Teile auf: die sekundärseitige Kammer 28 des Wärmetauschers 26, eine Rücklaufpumpe 29, eine Rücklaufleitung 30 sowie eine Wasserrückleitung 31. Die der letzteren entsprechende Wasserrückleitung 25 bei der Ausführung nach Fig. 3 ist dort dem Ladekreis zuzurechnen, während die Wasserrückleitung 31 sozusagen einen Nebenstromzweig im geschlossenen, vom Ladekreis unabhängigen Entladekreislauf bildet.

Die in Fig. 5 dargestellte Variante entspricht im wesentlichen jener nach Fig. 4 mit der Ausnahme, dass zwecks Raumersparnis und Reduzierung der Wärmeverluste der Wärmetauscher 26 innerhalb des Warmwasserspeichers untergebracht ist.

Die Fig. 6 stellt eine mögliche Anordnung eines Überhitzers im Entladekreis dar. Der sich im Expansionsgefäß 12 entwickelnde Dampf gelangt in den Wärmetauscher 32, wo er von dem aus dem Warmwasserspeicher 10 in das Expansionsgefäß 12 fließenden Heisswasser im Gegenstrom überhitzt wird.

Bei den bisher beschriebenen Varianten wird dem Warmwasserspeicher 10 Wasser entnommen, aus dem im Expansionsgefäß 12 Dampf ausgeschieden wird. Bei der in Fig. 7 dargestellten Ausführung erfolgt die Dampfantnahme direkt aus dem Warmwasserspeicher 10. Es ist hier also kein Expansionsgefäß vorhanden. Diese Anlage weist drei Wärmeempfänger 32, 33, 34 auf, die jeweils verschiedene Funktionen haben. Zweckmässig wird man dabei jedem Wärmeempfänger einen seiner Kapazität entsprechenden Sektor des Strahlungsempfängers 2 zuordnen.

Die Schaltung dieser Anlage ist komplizierter als die der oben beschriebenen und wird am besten aus der folgenden Beschreibung ihrer Wirkungsweise verständlich. Zunächst sei der Entladevorgang betrachtet.

Wir gehen dabei aus von dem Zustand mit voll geladenem Warmwasserspeicher 10, wobei gleichzeitig der Kaltwasserspeicher 22 leer ist. Ein zwischen dem Drosselorgan 11 und Turbine 13 vorgesehenes Ventil 35 ist offen, so dass Dampf aus dem Speicher 10 in die Turbine strömen kann, der sich dahinter im Kondensator 16 niederschlägt. Das Kondensat wird von einer Kondensatpumpe 17 in einen Kondensatsammler 37 gefördert. In dieser Betriebsphase bleibt ein in einer Dampfzuleitung 38 zwischen dem Wärmeempfänger 34 und der Turbine 13 angeordnetes Ventil 36 geschlossen. Das Drosselorgan 11 hält während des Entladevorganges den Turbineneintrittsdruck konstant. Sobald der Druck im Speicher 10 auf diesen Wert gesunken ist, ist die aus dem Speicher verfügbare Energie aufgebraucht und er

muss, wie im folgenden beschrieben, erneut geladen werden.

Beim Ladevorgang geschieht in drei Vorgängen folgendes:

- Eine nach dem Kondensatsammler 37 vorgesehene Kondensatpumpe 39 fördert einen Teil des Kondensats in den
- 5 Wärmeempfänger 33, während eine zweite Kondensatpumpe 40 einen weiteren Teil des Kondensats über eine Vorwärmanlage 18, in der es von Anzapfdampf aus Zwischenstufenanzapfungen 41 und 42 vorgewärmt wird, durch eine Wasserrückleitung 43 in den Wärmeempfänger 34 fördert. Dieser erwärmt das Wasser
- 10 bzw. erzeugt Dampf, wodurch nach Öffnen des Ventils 36 und Schliessen des Ventils 35 der Betrieb der Turbogruppe aufrechterhalten wird. Während dieses Ladevorgangs erhält die Turbine also über die Dampfzuleitung 38 Dampf direkt aus dem Wärmeempfänger 34, der für eine kontinuierliche Dampferzeugung
- 15 bei Sonneneinstrahlung ausgelegt ist. Auch in diesem Kreis der Anlage ist zur Konstanthaltung des Turbineneintrittsdruckes ein mit 44 bezeichnetes Drosselorgan vorgesehen.

- Zum Laden des Warmwasserspeichers 10 dienen die beiden Wärmeempfänger 32 und 33. Dabei wird das im Speicher 10
- 20 verbliebene Wasser in den Kaltwasserspeicher 22 abgeführt und von dort mittels einer Rücklaufpumpe 45 in den Wärmeempfänger 32 gedrückt, dort erwärmt und dann im Speicher 10 gespeichert. Der zweite Wärmeempfänger 33 trägt zum Laden bei, indem die Pumpe 39 Kondensat aus dem Sammler 37 über eine
- 25 Wasserrückleitung 46 in diesen Wärmeempfänger fördert, aus dem das erwärmte Wasser entweder direkt über die Leitungen 47, 48 in den Warmwasserspeicher 10 oder aber zunächst über die Leitung, die sich aus dem voll ausgezogenen Leitungsabschnitt 47 und dem strichlierten Leitungsabschnitt 49 zusammensetzt, in
- 30 den Kaltwasserspeicher 22 geführt wird, von wo es dann durch die Pumpe 45 in den ersten Wärmeempfänger 32 gedrückt und dort erst auf Speichertemperatur erhitzt wird. Der Leitungsabschnitt 48 fällt bei dieser Ausführung weg. Entsprechend der
- 35 gewählten Variante sind die Leistungen der zwei Wärmeempfänger 32 und 33 zu bemessen. Im letzteren Falle ist der Wärmeempfänger 32 grösser zu dimensionieren, da er auch den Durchsatz des Wärmeempfängers 33 aufnehmen muss.

- Nach beendeter Ladeperiode befindet sich das gesamte, auf den Anfangszustand von Temperatur und Druck gebrachte
- 40 Wasser im Speicher 10, während sich der Kaltwasserspeicher 22 ganz und der Kondensatsammler 37 teilweise geleert hat.

- Bei dieser Schaltung werden also bei genügend starker Sonneneinstrahlung alle drei Wärmeempfänger 32, 33, 34 beheizt, wobei in dieser Phase der Wärmeempfänger 34 direkt Dampf für
- 45 die Turbine liefert, wogegen gleichzeitig die Wärmeempfänger 32 und 33 den Warmwasserspeicher 10 zur Überbrückung der folgenden, sonnenscheinfreien Phase voll aufladen, wodurch ein kontinuierlicher Betrieb ermöglicht wird.

- Gleich wie bei den in den Fig. 4 und 5 dargestellten Varianten
- 50 lässt sich auch bei dieser Schaltung der statische Druck infolge der hochgelegenen Wärmeempfänger 32, 33, 34 durch zwischen den entsprechenden Kreisen angeordnete Wärmetauscher auf den beheizten Teil der Anlage beschränken und in ähnlicher Weise wie dort sind auch Überhitzerschaltungen möglich.

- Bei dieser Anlage nach Fig. 7 ist neben den beiden Kreisen für das Laden und Entladen ein dritter Kreis zu unterscheiden, der, abgesehen von der Turbine 14, durch die Elemente 34, 38, 44, 36, 16, 17, 37, 40, 18 und 43 definiert ist, wobei er die Elemente 16, 17 und 37 mit den anderen beiden Kreisen gemein hat. Da sein
- 60 Wärmeempfänger 34 bei Sonneneinstrahlung unmittelbar ohne Zwischenschaltung eines Speichers Dampf erzeugt, kann er als Direktkreis bezeichnet werden.

