



(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(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, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Gasturbogruppe variabel auf einen Kamin (43) und den Wärmetauscher (42) aufzuteilen. Auf diese Weise kann die Gasturbogruppe unabhängig vom Wärmetauscher und der Entspannungsmaschine schnell mit hoher Leistung im Elektrizitätsnetz betrieben werden, während die thermische Belastung des Luftspeicherteils durch eine stufenweise Erhöhung des Abgasanteils (m_1), der zum Wärmetauscher strömt, langsam erhöht wird.

Beschreibung

Verfahren zum Betrieb einer Druckspeicheranlage, und Druckspeicheranlage

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer Druckspeicheranlage gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie bezieht sich weiterhin auf eine Druckspeicheranlage, welche zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens geeignet ist. Weiterhin wird eine Steuereinheit angegeben, welche entsprechend geeignet und konfiguriert ist, um eine Druckspeicheranlage zur Durchführung eines erfindungsgemässen Verfahrens zu veranlassen, ein digitaler Code, welcher geeignet ist, die Steuereinheit entsprechend zu konfigurieren, sowie einen Datenträger, auf dem der Code in ausführbarer Form und/oder als Quellcode gespeichert ist.

Stand der Technik

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Druckspeicheranlagen bekannt geworden, bei denen ein unter Druck befindliches Speicherfluid, insbesondere Luft, in einem Speichervolumen gespeichert und bei Bedarf unter Leistungsabgabe in einer Entspannungsmaschine entspannt wird. Aus der US 5,537,822 ist eine Druckspeicheranlage bekannt geworden, bei der das Speicherfluid vorgängig der Entspannung in einem Wärmetauscher erwärmt wird. Der Wärmetauscher wird in einer dort offenbarten Ausführungsform auf der wärmeabgebenden Seite vom Abgas einer Gasturbogruppe durchströmt. Eine derartige rekuperative Ausführungsform einer Druckspeicheranlage nutzt die Abwärme der Gasturbogruppe sehr effizient aus. Aufgrund der indirekten Erwärmung des Speicherfluids wird dieses nicht mit aggressiven Rauchgaskomponenten kontaminiert. Daher kann als Entspannungsmaschine auf höchst ökonomische Weise zum Beispiel ein nur gering modifiziertes Derivat einer Standard-Dampfturbine Verwendung finden. Im stationären Betrieb der Druckspeicheranlage ist eine solche Maschine den thermischen Rahmenbedingungen bestens angepasst. Bei einem Start der Anlage allerdings sind den in einer Dampfturbine

realisierbaren Temperaturgradienten Grenzen gesetzt, worauf in der Startphase Rücksicht genommen werden muss. Bei einer Anordnung, wie sie in der US 5,537,822 offenbart ist, muss dementsprechend beispielsweise die Gasturbogruppe über einen längeren Zeitraum gemäss einem von der Entspannungsmaschine vorgegebenen Betriebsregime betrieben werden, und kann daher nur, dem Betriebsregime einer Gasturbogruppe an sich widersprechend, sehr langsam belastet werden, und es kann nur mit grosser Verzögerung frei auf die Leistungsanforderungen des Elektrizitätsnetzes reagiert werden, um sicherzustellen, dass die Möglichkeit zur Abwärmenutzung in der Entspannungsmaschine mit dem von der Gasturbogruppe zur Verfügung gestellten Abwärmeangebot mitzuhalten vermag und die Speicherfluid-Entspannungsmaschine nicht durch ein zu schnelles Anfahren und Belasten Schaden nimmt.

Darstellung der Erfindung

[0003] Es wird nunmehr ein Verfahren der eingangs genannten Art, welches zum Start einer Druckspeicheranlage und insbesondere einer rekuperativen Druckspeicheranlage, wie sie oben beschrieben wurde, geeignet ist, angegeben, welches gemäss einem Aspekt unter vielen der vorliegenden Erfindung die Nachteile des Standes der Technik vermeidet. Spezifischer soll es das Verfahren ermöglichen, die Druckspeicheranlage möglichst schnell und mit einem möglichst grossen Leistungsgradienten in ein Elektrizitätsnetz einzubringen, ohne die Schnellstartfähigkeit der Entspannungsmaschine zu überfordern, was deren Lebensdauer drastisch verkürzen könnte. Gleichzeitig soll gemäss einem weiteren Aspekt der Erfindung während der Startphase das allenfalls zur Sicherstellung des Betriebes des Wärmetauschers notwendige Speicherfluid möglichst effizient genutzt werden.

[0004] Das im Anspruch 1 beschriebene Verfahren und die im unabhängigen Vorrichtungsanspruch beanspruchte Druckspeicheranlage werden, neben weiteren Vorteilen, diesen Anforderungen gerecht.

- [0005] Gemäss dem offenbarten Verfahren wird also die Temperatur des für die Entspannungsmaschine bereitgestellten Speicherfluids auf geeignete Weise unabhängig von der Leistungsabgabe der Gasturbogruppe gesteuert. Indem die Temperatur des Speicherfluids und die Leistungsabgabe der Gasturbogruppe voneinander entkoppelt werden, kann die Gasturbogruppe mit ihrem normalen Leistungsgradienten belastet werden. Dabei kann eine Gasturbogruppe nach dem Synchronisieren innerhalb von beispielsweise 20 bis 30 Minuten auf maximale Leistung belastet werden; Maschinen, die zur Spitzenlastdeckung vorgesehen sind, erreichen hierbei noch wesentlich kürzere Belastungszeiten, die auch im Bereich von nur 5 bis 10 Minuten liegen können.
- [0006] In einer Weiterbildung des Verfahrens erhält die Entspannungsmaschine erstmals dann einen Speicherfluid-Massenstrom zugeführt, wenn die Speicherfluidtemperatur am Austritt aus dem Wärmetauscher einen Mindestwert erreicht hat. Dieses Kriterium ist vor allem dann von Bedeutung, wenn zunächst der Wärmetauscher ab einem kalten Zustand eine Betriebstemperatur erreichen muss. In einer Ausführungsform wird der Mindestwert der Speicherfluidtemperatur abhängig von einer durchschnittlichen Temperatur des Rotors der Entspannungsmaschine bestimmt. Dies vermeidet unter Anderem einen schlagartigen Kaltlufteintrag in die Entspannungsmaschine und damit verbundene Thermoschocks. In einer Weiterbildung ist dies möglichst früh nach dem Synchronisieren der Gasturbogruppe, beispielsweise unmittelbar nach dem Synchronisieren der Gasturbogruppe, der Fall. Durch eine frühzeitige Beaufschlagung der Entspannungsmaschine mit Speicherfluid wird diese selbstverständlich möglichst schnell in einen belastungsbereiten Zustand versetzt. Wichtige Parameter für eine als Entspannungsmaschine verwendete Dampfturbine sind beispielsweise die Temperatur des Rotors, die Gleichmässigkeit der Erwärmung des Rotors und der Temperaturverteilung im Rotor, und/oder die Erwärmungsgeschwindigkeit am Eintrittsflansch der Maschine, sowie, während des Anfahrvorgangs bei niedrigen Drehzahlen, die Temperatur am Austritt aus der Turbine. Die

Steuerung der Temperatur des für die Entspannungsmaschine bereitgestellten Speicherfluids ermöglicht es prinzipiell, bereits sehr frühzeitig Speicherfluid in die Entspannungsmaschine zu leiten.

- [0007] Eine Ausführungsform des Verfahrens sieht vor, die Temperatur des für die Entspannungsmaschine bereitgestellten Speicherfluids so zu steuern, dass die Temperatur und/oder der Temperaturgradient des entspannten Speicherfluides und/oder der Temperaturgradient der Rotortemperatur und/oder der Gehäusetemperatur am Austritt der Entspannungsmaschine unterhalb eines Grenzwertes verbleiben beziehungsweise den Grenzwert nicht überschreiten. Dies kommt bei niedrigen Drehzahlen und bei niedrigen Leistungen der Entspannungsmaschine und insbesondere einer Luftturbine zum Tragen. Bei niedrigen Drehzahlen einer Turbine, das heisst insbesondere während des Anfahrens und Beschleunigens, ist aus Gründen der Stufenkinematik der massenstromspezifische Enthalpieumsatz des Arbeitsfluides gering, weshalb die Temperaturdifferenz zwischen Eintritt und Austritt der Turbine gering ist. Das heisst, die Fluidtemperatur am Austritt liegt vergleichsweise nahe bei der Fluidtemperatur am Eintritt, weshalb ohne geeignete Massnahmen beispielsweise eine thermische Überlastung des für geringe Temperaturen ausgelegten Austrittsbereiches möglich ist. Das heisst, die Temperatur des Arbeitsfluides am Maschineneintritt kann beim Beschleunigen nur langsam mit der Drehzahl der Maschine gesteigert werden, was den Beschleunigungsvorgang verzögert. Eine unten erläuterte Weiterbildung des Verfahrens sieht daher vor, während des Anfahrens und Beschleunigens der Entspannungsmaschine den mit der Entspannungsmaschine gekoppelten Generator wenigstens zeitweise elektromotorisch zu betreiben und den Beschleunigungsvorgang damit zu unterstützen. Im Vergleich zu dem nach dem Stand der Technik üblichen Beschleunigen einer Luftturbine, bei dem diese rein durch das strömende Arbeitsfluid beschleunigt wird, wird damit eine deutlich schnellere Beschleunigung der Entspannungsmaschine und damit eine schnellere Temperatursteigerung des zuströmenden Arbeitsfluides und damit verbunden schliesslich eine frühzeitigere Leistungsabgabe der

Entspannungsmaschine ins Elektrizitätsnetz ermöglicht. Bei niedriger Leistung einer als Entspannungsmaschine betriebenen Luftturbine stellt sich eine ähnliche Problematik. Aus dem niedrigen Massenstrom resultiert ein geringes Druckverhältnis und damit ein vergleichsweise geringer Enthalpie- und Temperaturabbau, weshalb auch bei Nenndrehzahl, aber niedriger Leistung einer Luftturbine die Temperatur am Turbinenausritt im Vergleich zum Vollastbetrieb nahe an der Eintrittstemperatur liegt. Auch bei Nenndrehzahl und im Leerlaufbetrieb oder niedriger Leistung besteht also die potenzielle Gefahr einer Überhitzung am Turbinenausritt. Es ist daher von Vorteil, wenn beim Beschleunigen einer Luftturbine auf Nenndrehzahl und beim Belasten bei Leistungen unterhalb der Vollastleistung und insbesondere unterhalb 10% oder 25% bis 50 % der Vollastleistung die Temperatur des der Entspannungsmaschine zuströmenden Speicherfluides derart gesteuert wird, dass bestimmte Temperaturen und/oder Temperaturgradienten am Austritt der Entspannungsmaschine nicht überschritten werden. Dabei kann einerseits die Temperatur am Austritt als Funktion der Temperatur am Eintritt oder die Temperatur am Eintritt als Funktion der Temperatur am Austritt und weiter als Funktion des Druckverhältnisses über die Entspannungsmaschine und/oder der Leistung und/oder der Drehzahl der Entspannungsmaschine bestimmt werden.

[0008] Bei der Ausführung des Verfahrens erweist es sich als zweckmässig, aber nicht zwingend, den Anfahrvorgang und die Leistungsabgabe der gesamten Kraftwerksanlage weiter zu beschleunigen, indem das Anfahren der Entspannungsmaschine durch den motorischen Betrieb eines der Entspannungsmaschine zugeordneten Generators unterstützt wird. Dadurch, dass die Leistung der elektrischen Maschine zusätzlich zur Drehzahlerhöhung der Entspannungsmaschine zur Verfügung steht, kann deren Drehzahl schneller erhöht werden, wodurch auch die Temperatur des Speicherfluids am Eintritt in die Entspannungsmaschine schneller erhöht werden kann, ohne zulässige Temperaturen und/oder Temperaturgradienten am Austritt der Entspannungsmaschine zu überschreiten. Dies liegt darin begründet, dass, wie oben beschrieben, bei

einer höheren Drehzahl ein höherer massenstromspezifischer Enthalpieabbau stattfindet, derart, dass der Temperaturabfall des Speicherfluids beim Durchströmen der Entspannungsmaschine mit steigender Drehzahl immer mehr zunimmt. Damit ist es möglich, die Entspannungsmaschine schneller auf netzsynchrone Drehzahl zu beschleunigen und zu synchronisieren, und die Entspannungsmaschine kann schneller aufgewärmt und in leistungsbereiten Zustand versetzt werden. Weiterhin erhöht sich mit der höheren Drehzahl der Entspannungsmaschine auch deren Schluckvermögen, und es kann ein höherer Massenstrom an aufgewärmtem Speicherfluid von der Entspannungsmaschine aufgenommen und verwertet werden. Insgesamt trägt das Anschleppen der Entspannungsmaschine mittels des motorisch betriebenen Generators zu einem schnellen und energieeffizienten und dabei noch schonenden und die Lebensdauer verlängernden Start der Druckspeicheranlage bei.

[0009] In einer Ausführungsform des Verfahrens erfolgt bereits eine Steuerung der Temperatur des Speicherfluids am Austritt aus dem Wärmetauscher. Dies kann selbstverständlich erfolgen, indem der den Wärmetauscher durchströmende Speicherfluidmassenstrom entsprechend angepasst wird. Wenn die Entspannungsmaschine in ihrem aktuellen Betriebszustand diesen Massenstrom nicht durchzusetzen vermag, so wird gemäß einer Ausführungsform des hier beschriebenen Verfahrens ein den von der Entspannungsmaschine verwertbaren Massenstrom überschreitender Teilmassenstrom abgeblasen, oder rückgekühlt und in das Speichervolumen zurückverdichtet. Hierfür zweigt von dem Strömungsweg, der vom Wärmetauscher zur Entspannungsmaschine führt, eine Abzweigung ab, deren Durchströmquerschnitt mittels eines Stell- und/oder Absperrorgans variiert und/oder abgesperrt und freigegeben werden kann. Dabei wird aber ein Teilmassenstrom des Speicherfluids ungenutzt verworfen. Eine Weiterbildung des Verfahrens sieht daher vor, zur Steuerung der Temperatur des Speicherfluids am Austritt aus dem Wärmetauscher den Wärmeeintrag in den Wärmetauscher zu variieren. In einer Weiterbildung erfolgt dies, indem

dem Wärmetauscher ein variabler Anteil des Abgasmassenstroms der Gasturbogruppe zugeführt wird. Um dies zu realisieren, umfasst eine beispielhafte Druckspeicheranlage, welche zur Durchführung des Verfahrens geeignet ist, eine stromab der Gasturbogruppe und stromauf des Wärmetauschers angeordnete Strömungsverzweigung mit einer darin angeordneten verstellbaren Klappe zur Strömungsumlenkung und zur variablen Strömungsaufteilung, welche derart angeordnet ist, dass variable Anteile des Abgasmassenstroms der Gasturbogruppe zum Wärmetauscher und zu einem zweiten Zweig der Abzweigung leitbar sind. In einer spezifischen Ausführungsform der Druckspeicheranlage ist die Klappe derart ausgeführt, dass sie eine erste stationäre Betriebsposition aufweist, bei welcher der gesamte Abgasmassenstrom in den Wärmetauscher geleitet wird; daneben weist die Klappe eine zweite stationäre Betriebsposition auf, in welcher der gesamte Abgasmassenstrom in den zweiten Zweig geleitet wird. Zur Durchführung des Verfahrens weist die Klappe weiterhin wenigstens eine dritte stationäre Betriebsposition auf, in welcher ein erster Teilstrom des Abgases zum Wärmetauscher und ein zweiter Teilstrom des Abgases zu dem zweiten Zweig der Strömungsverzweigung geleitet wird. Dabei ist eine stationäre Betriebsposition von Positionen zu unterschreiten, welche übliche Abgas-Bypassklappen, welche nur eine Strömungsumschaltfunktion haben, während des Umschaltens zwischen diesen beiden Positionen gegebenenfalls für kurze Zeit einnehmen.

[0010] Falls die Möglichkeit, die Temperatur des Speicherfluids bereits am Austritt aus dem Wärmetauscher entsprechend einzustellen, nicht zur Verfügung steht, oder die Steuerung keine hinreichend feine Justage ermöglicht, und/oder falls dies aus anderen Gründen wünschenswert ist, sieht eine Ausführungsform des Verfahrens vor, die Temperatur des Speicherfluids vor dem Eintritt in die Speicherfluid-Entspannungsmaschine zu verringern. Dies erfolgt beispielsweise, indem dem aus dem Wärmetauscher abströmenden erwärmten Speicherfluid stromab des Wärmetauschers und stromauf der Entspannungsmaschine nichterwärmtes Speicherfluid und/oder ein Flüssigkeitsmassenstrom,

insbesondere ein Wassermassenstrom, beigemischt wird. Die Zumischung einer Flüssigkeit hat dabei den Vorteil, dass aufgrund der Verdunstungswärme eine besonders effiziente Kühlung erreicht wird, und, dass kein aufwändig verdichtetes Speicherfluid für die Kühlung aufgewendet werden muss. Demgegenüber hat die Verwendung von nichterwärmtem Speicherfluid den Vorteil, dass keine Flüssigkeit bevorratet oder herangeführt werden muss. Zur Durchführung dieser Verfahrensvariante umfasst die Druckspeicheranlage ein im Strömungsweg von der wärmeaufnehmenden Seite des Wärmetauschers zur Entspannungsmaschine angeordnetes Mittel zur Temperaturabsenkung des erwärmten Speicherfluids, welches Mittel beispielsweise ein Mittel zur Einbringung von nichterwärmtem Speicherfluid und/oder ein Mittel zur Einbringung von Flüssigkeit in das erwärmte Speicherfluid umfasst; man könnte sich hier auch einen Kühler vorstellen, was aber einen erheblichen apparativen Aufwand bedeutet.

- [0011] Wie oben bereits angedeutet, wird eine Solltemperatur des zur Entspannungsmaschine strömenden Speicherfluids in einer Verfahrensvariante abhängig vom thermischen Zustand der Entspannungsmaschine bestimmt.
- [0012] Weitere Weiterbildungen des erfindungsgemässen Verfahrens und der Druckspeicheranlage ergeben sich aus den Unteransprüchen und den nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen.
- [0013] Die Steuerung der Druckspeicheranlage zur Durchführung eines Verfahrens gemäss der Verfahrensansprüche erfolgt beispielsweise mittels einer Steuereinheit, welche über wenigstens einen Signalausgang und bevorzugt eine Mehrzahl von Signalausgängen und Signaleingängen verfügt, wobei wenigstens ein Signalausgang ein Stellsignal an ein Stellorgan der Druckspeicheranlage leitet, wodurch die Druckspeicheranlage zur Durchführung eines oben beschriebenen Verfahrens veranlasst wird. Hierzu generiert die Steuereinheit beispielsweise eine Abfolge von Steuersignalen, oder es werden Steuersignale gemäss einem zeitlichen Ablaufplan generiert. Wenn die Steuerung innerhalb eines geschlossenen Regelkreises betrieben wird, so

bildet die Steuereinheit die Steuersignale in Abhängigkeit von wenigstens einem Eingangssignal, das an einem Signaleingang anliegt. Um diese Aufgaben zu erfüllen, muss die Steuereinheit entsprechend konfiguriert sein. Die Konfiguration der Steuereinheit, beispielsweise zur Definition eines funktionalen Zusammenhangs zur Bildung von Stellgrößen aus Eingangsgrößen, erfolgt beispielsweise über einen Prozessor, in dem ein digitales Programm geladen wird, welches geeignet ist, die Steuereinheit derart zu konfigurieren, dass sie eine Druckspeicheranlage zur Durchführung eines oben beschriebenen Verfahrens veranlasst. Insofern umfasst die Erfindung auch eine Steuereinheit, welche konfiguriert ist, eine Druckspeicheranlage zur Durchführung eines oben beschriebenen Verfahrens zu veranlassen, einen digitalen Code, welche geeignet ist, eine Steuereinheit derart zu konfigurieren, dass sie die Druckspeicheranlage zur Durchführung des Verfahrens veranlasst, sowie einen Datenträger, auf welchem ein derartiger digitaler Code als ausführbare Anweisungsfolge oder als Quellcode gespeichert ist. Unter einem Datenträger sind neben beispielhaft zu nennenden magnetischen oder optischen Datenträgern namentlich auch nichtflüchtige Speicherbausteine zu verstehen. Hierunter fallen auch Speicherbausteine oder entsprechend konfigurierte programmierbare Logikbausteine, welche unmittelbar in die Steuereinheit eingebaut werden. Die Aufzählung der Datenträger ist selbstverständlich nicht abschliessend.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

- [0014] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in der Zeichnung illustrierten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Im einzelnen zeigen
- [0015] Figur 1 ein erstes Beispiel einer Druckspeicheranlage;
- [0016] Figur 2 den schematischen Verlauf einiger Betriebsparameter der Druckspeicheranlage während eines Startvorgangs; und
- [0017] Figur 3 ein zweites Beispiel einer Druckspeicheranlage.
- Für das Verständnis der Erfindung nicht wesentliche Details sind weggelassen worden, sind aber für den Fachmann ohne Weiteres implizit

mit offenbart. Die Ausführungsbeispiele sind rein instruktiv und sollen nicht zur Einschränkung der in den Ansprüchen gekennzeichneten Erfindung herangezogen werden.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0018] In der Figur 1 ist eine erste zur Durchführung eines oben beschriebenen Verfahrens geeignete Druckspeicheranlage dargestellt. Die Druckspeicheranlage umfasst im Wesentlichen eine Gasturbogruppe 11, welche mit einer Motor-/Generatoreinheit 12 und einem Kompressor 13 auf einem gemeinsamen Wellenstrang angeordnet ist. Die Motor-/Generatoreinheit 12 kann sowohl motorisch als auch generatorisch betrieben werden. Der Kompressor 13 dient zum Aufladen eines Druckspeichervolumens 30. Darin gespeichertes Arbeitsfluid kann in Zeiten hohen elektrischen Leistungsbedarfs arbeitsleistend in der Speicherfluid-Entspannungsmaschine, Luftturbine, 21 entspannt werden, welche den Generator 22 antreibt. Als Luftturbine findet insbesondere eine standardmässig, sozusagen ab Lager, verfügbare Dampfturbine Verwendung, welche nur geringfügig modifiziert werden muss. Dies resultiert in einer besonders ökonomischen Lösung. Die elektrische Maschine 12 kann mittels schaltbarer Kupplungen 14, 15 mit der Gasturbogruppe 11 und/oder dem Kompressor 13 verbunden werden. In Zeiten hohen Strombedarfs und zum Anfahren der Gasturbogruppe ist die Kupplung 14 geschlossen und die Kupplung 15 geöffnet. Zum Anfahren der Gasturbogruppe wird die elektrische Maschine 12 elektromotorisch betrieben und unterstützt die Beschleunigung der Gasturbogruppe auf Nenndrehzahl. Zur Leistungserzeugung wird die elektrische Maschine 12 generatorisch betrieben und von der Gasturbogruppe 11 angetrieben. In Zeiten hoher Verfügbarkeit elektrischer Energie und mit entsprechend niedrigem Strompreis wird die Kupplung 15 geschlossen und die Kupplung 14 geöffnet. Die Maschine 12 wird elektromotorisch betrieben und treibt den Kompressor 13 an, um mit billig verfügbarem Strom das Speichervolumen 30 mit unter Druck befindlichem Fluid, beispielsweise Luft, aufzuladen, und die so gespeicherte Energie in Zeiten hoher

elektrische Leistungsanforderungen und entsprechend hohen Strompreisen in der Entspannungsmaschine 21 wieder zur Stromerzeugung zu nutzen. Die Gasturbogruppe 11 befindet sich währenddessen üblicherweise im Stillstand; es ist aber prinzipiell auch möglich, die Gasturbogruppe 11 im Leerlaufbetrieb bereitzuhalten. Weiterhin ist ein Betriebszustand möglich, bei dem beide Kupplungen 14 und 15 geschlossen sind; dabei treiben, je nach Leistungsauslegung der Komponenten, entweder die Gasturbogruppe 11 und die elektrische Maschine 12 gemeinsam den Kompressor an, oder die Gasturbogruppe 11 wird betrieben, um einerseits die elektrische Maschine 12 zur Stromerzeugung und gleichzeitig den Kompressor 13 anzutreiben. Dabei bestimmt beispielsweise die Erregung der generatorisch betriebenen Maschine 12 die Aufteilung der Leistung der Gasturbogruppe auf den Kompressor 13 und die Maschine 12. Die somit bereitgestellte Möglichkeit, mittels variabler Erregung des Generators und variabler Verdichterleistung die Nutzleistung und die Blindleistung unabhängig voneinander einzustellen, ist in liberalisierten Strommärkten ebenfalls sehr lukrativ. Es ist auch möglich, beide Kupplungen 14 und 15 zu öffnen und die elektrische Maschine 12 im Elektrizitätsnetz ohne Last und ohne Antrieb als Phasenschieber mitdrehen zu lassen, um die benötigten Blindleistungskomponenten bereitzustellen. Es ist ebenso möglich, auf nicht dargestellte, dem Fachmann aber ohne Weiteres geläufige Weise, auch die Luftturbine oder Entspannungsmaschine auf einem gemeinsamen Wellenstrang mit einem Kompressor und einer sowohl generatorisch als auch elektromotorisch betreibbaren elektrischen Maschine anzuordnen. Auf die analoge Weise wie beim Wellenstrang der Gasturbogruppe sind dann zwischen der Entspannungsmaschine und der elektrischen Maschine sowie zwischen dem Kompressor und der elektrischen Maschine Schaltkupplungen angeordnet. Der Kompressor ist ebenfalls derart geschaltet, dass er Speicherfluid in das Speichervolumen 30 fördert. Dabei kann der Kompressor auf dem Wellenstrang der Entspannungsmaschine mit dem Kompressor auf dem Wellenstrang der Gasturbogruppe sowohl parallel als auch in Reihe geschaltet sein. Eine so

zu realisierende Aufteilung der gesamten Kompressorleistung auf zwei Kompressoren ermöglicht hohe Kompressorleistungen, ohne dynamisch nur schwer beherrschbare extrem lange Kompressor-Wellenstränge anordnen zu müssen; obschon eine Anordnung zweier Kompressoren vorderhand aufwändiger erscheint als die Anordnung nur eines Kompressors, ermöglicht die Aufteilung der Kompressorleistung ab einer gewissen Leistungsgrösse die Verwendung standardmässig vorhandener Kompressoren, ohne eine hinsichtlich der Rotordynamik nur schwer beherrschbare Neukonstruktion vornehmen zu müssen. Der Betrieb von Kompressor und Entspannungsmaschine sowie die Schaltzustände der Schaltkupplungen erschliessen sich dem Fachmann anhand der Ausführungen zum Wellenstrang der Gasturbogruppe von selbst. Im Ladebetrieb der Druckspeicheranlage ist das Absperrorgan 34 geöffnet, und das Absperr- und/oder Stellorgan 35 ist üblicherweise geschlossen. Vom Kompressor 13 verdichtetes Fluid wird in einem Kühler 32 abgekühlt und strömt durch das geöffnete Absperrorgan 34 in das Speichervolumen 30 ein. Weiterhin ist in diesem Strömungsweg ein Rückschlagorgan 31 angeordnet, welches eine Rückströmung von Fluid in den Verdichter zuverlässig unterbindet. Im Leistungsbetrieb der Druckspeicheranlage erzeugt die Gasturbogruppe 11, welche einen Verdichter 111, eine Brennkammer 112, und eine Turbine 113 umfasst, einen Abgasmassenstrom m_0 . Der Abgasmassenstrom m_0 strömt in ein Strömungsverzweigungselement 41, in welchem eine steuerbare Abgasklappe angeordnet ist. Mittels der in dem Verzweiger 41 angeordneten Klappe ist es möglich, den Abgasmassenstrom m_0 in einen ersten Teilstrom m_1 und einen zweiten Teilstrom m_2 aufzuteilen. Der erste Teilstrom strömt in einen Wärmetauscher 42 ein, der im Gegenstrom zu dem Abgas in einem wärmeaufnehmenden Teil mit Speicherfluid aus dem Speichervolumen 30 durchströmbar ist. Auf diese Weise kann das Speicherfluid erwärmt und die Abwärme der Gasturbogruppe in der Luftturbine 21 umgesetzt werden. Der zweite Teilstrom strömt über einen Kamin 43 ab. Im Interesse einer guten Energieausnutzung ist es selbstverständlich erstrebenswert, den zweiten Teilstrom, der ohne

Nutzung der Abwärme abströmt, möglichst klein zu halten. Es ist insofern klar, dass einer der Teilströme ohne weiteres zu Null werden kann. Während der erste Teilstrom des Abgases der Gasturbogruppe einen wärmeabgebenden Teil des Wärmetauschers 42 durchströmt, kann ein wärmeaufnehmender Teil 51 des Wärmetauschers über das Stell- und/oder Absperrorgan 35, welches auch als „Wellhead“ bezeichnet wird, mit Speicherfluid aus dem Speichervolumen 30 beaufschlagt werden. Der Massenstrom des Speicherfluids, welcher zum wärmeaufnehmenden Teil 51 des Wärmetauschers strömt, ist mit m_{HEX} bezeichnet. Das Speicherfluid wird stromab des Wärmetauschers über ein Stellorgan 52 zur Entspannungsmaschine 21 geleitet. Weiterhin ist im Strömungsweg des Speicherfluides stromab des Wärmetauschers ein Mischer 55 angeordnet. Dem Mischer 55 kann über eine Umgehungsleitung des Wärmetauschers nichterwärmtes Speicherfluid zugeführt werden. Damit kann im Mischer 55 die Temperatur des der Entspannungsmaschine 21 zuströmenden Speicherfluids vermindert werden. Weiterhin ist stromab des wärmeaufnehmenden Teils des Wärmetauschers ein Abblasorgan, Bypassventil, 53 angeordnet, über welches ein Abblasmassenstrom oder Bypassmassenstrom m_D des Speicherfluids nach Durchströmen des wärmeaufnehmenden Teils 51 des Wärmetauschers verworfen werden kann, indem es zum Beispiel, im Falle von Luft als Speicherfluid, abgelassen oder rückgekühlt und mittels eines Verdichters in das Speichervolumen 30 zurückgefördert wird. Zur Steuerung und Regelung der Speicheranlage ist eine Steuereinheit 60 angeordnet. Die Steuereinheit umfasst eine Eingangsschnittstelle, welche eine Vielzahl von Eingangssignalen 61 erhält, die den Betriebszustand unterschiedlicher Komponenten der Speicheranlage charakterisieren. Die Steuereinheit 60 ist derart konfiguriert, dass sie aus den Eingangssignalen 61 Steuersignale 62 bildet, welche über eine Ausgabeschnittstelle an Stellglieder der Speicheranlage weitergegeben werden. Hierzu zählen zum Beispiel Stellgrößen zur Ansteuerung der Absperr- und/oder Stellorgane 34, 35, 52, 53 und 54 oder für die Abgasklappe im Strömungsverzweiger 41. Die Konfiguration der Steuereinheit 60 erfolgt

beispielsweise über einen nicht dargestellten Prozessor, welcher von einem digitalen Code entsprechend konfiguriert wird. Dieser digitale Code ist auf einem Datenträger 63 abgelegt, und wird beispielsweise beim Start der Steuereinheit in die Steuereinheit geladen. Der Datenträger kann, wie dargestellt, ein externes Speichermedium sein; als Datenträger kann aber auch ein nichtflüchtiger Speicherbaustein oder ein sonstiges geeignetes Speichermedium Verwendung finden. Im Leistungsbetrieb der Speicheranlage wird der Wärmetauscher 42 vom heißen Abgasmassenstrom der Gasturbogruppe durchströmt, dessen Temperatur beispielsweise Werte von 550 bis 580 °C oder 600 °C erreichen kann, wobei ohne weiteres auch Abweichungen von diesen Werten möglich sind. Der Durchflussmassenstrom des wärmeaufnehmenden Teils 51 des Wärmetauschers 42 wird so bemessen, dass die Temperatur T_{ex} am Austritt aus dem Wärmetauscher einen zulässigen Maximalwert nicht überschreitet. Dies gewährleistet, dass eine Überhitzung des Wärmetauscherapparates vermieden wird. Der steuerbare Verzweiger 41 ermöglicht es dabei, die Gasturbogruppe auch dann zu betreiben, wenn kein Speicherfluid zur Verfügung steht. Der gesamte Abgasmassenstrom wird dann unter Umgehung des Wärmetauschers über den Kamin 43 abgegeben. Mittels des Absperr-und/oder Stellorgans 35, auch als „Wellhead“ bezeichnet, wird ein konstanter Druck p_{HEX} von zum Beispiel 60 bar im wärmeaufnehmenden Teil des Wärmetauschers eingestellt; selbstverständlich können auch variable Drücke eingestellt werden, derart, dass eine Gleitdruckfahrweise realisiert wird. Beim Betrieb der Entspannungsmaschine 21 wird der Massenstrom derart eingestellt, dass die Temperatur des Speicherfluids am Austritt aus dem Wärmetauscher einem Sollwert entspricht, und beispielsweise 30 °C oder 50 °C unter der Temperatur des Abgases der Gasturbogruppe liegt. Dies ermöglicht eine bestmögliche Ausnutzung des Speicherfluids, weil ein maximales massenspezifisches Enthalpiegefälle über die Entspannungsmaschine 21 eingestellt wird. Bei einem Kaltstart der Speicheranlage ist es nunmehr möglich, dass die Speicherfluid-Entspannungsmaschine den für den Wärmetauscher erforderlichen

Massenstrom mit der vorhandenen Temperatur nicht aufzunehmen vermag. Wenn beispielsweise als Entspannungsmaschine 21 ein Derivat einer Dampfturbine Verwendung findet, welche keine Hitzeschutzschilde, insbesondere am Rotor, und keine Kühlungsmöglichkeit aufweist, so darf diese nur langsam aufgewärmt und/oder auf Nenndrehzahl beschleunigt werden, damit die zulässigen Spannungen im Rotor nicht überschritten werden, was im anderen Falle zu schwerwiegenden mechanischen Beschädigungen führen könnte. Es ist bekannt, beispielsweise Dampfturbinen spannungskontrolliert anzufahren. Dabei werden mechanische Spannungen im Rotor bestimmt, und das Beschleunigen auf Nenndrehzahl erfolgt um so langsamer, je grösser die Spannungen sind. Dies ist als spannungskontrolliertes Anfahren bekannt. Weitere limitierende Faktoren bei der Beaufschlagung der Entspannungsmaschine mit erwärmtem Speicherfluid können beispielsweise Temperaturgradienten am Eintrittsflansch des Gehäuses sein. Eine weitere Begrenzung ergibt sich aus der Temperatur oder einem Temperaturgradienten am Austritt aus der Entspannungsmaschine. Dieser Bereich ist allgemein für niedrige Temperaturen vorgesehen, welche beispielsweise unterhalb von 100°C und geringer liegen. Bei niedrigen Drehzahlen fällt die Temperatur des die Entspannungsmaschine durchströmenden Speicherfluids aber aufgrund der Stufenkinematik nur gering ab, derart, dass auch dann, wenn die Temperatur am Eintritt der Entspannungsmaschine in einem zulässigen Rahmen liegt, eine Überschreitung der zulässigen Temperatur am Austritt der Entspannungsmaschine aufzutreten vermag. Auch bei geringen Leistungen, oder im Leerlaufbetrieb bei Nenndrehzahl, kann dieser Effekt aufgrund des geringen Massenstroms und des damit verbundenen geringen Druckverhältnisses der Entspannungsmaschine auftreten. Es wird daher wenigstens eine Temperatur T_{AT} der Entspannungsmaschine, beispielsweise eine Gehäusetemperatur und/oder eine Fluidtemperatur und/oder eine Rotortemperatur am Eintritt und/oder am Austritt der Entspannungsmaschine und/oder eine andere geeignete Temperatur der Entspannungsmaschine, sowie die Drehzahl n_{AT} des Rotors der

Entspannungsmaschine gemessen und in der Steuereinheit 60 ausgewertet. Die Steuereinheit erzeugt eine Stellgrösse für das Stellorgan 52. Das Stellorgan 52 regelt den Massenstrom m_{AT} der Entspannungsmaschine so ein, dass zulässige Temperatur- und/oder Drehzahlgradienten nicht überschritten werden. Das heisst, während des Anfahrvorgangs der Entspannungsmaschine 21 kann nur eine begrenzte Abwärmeleistung der Gasturbogruppe verwertet werden. Generell besteht die Möglichkeit, die Gasturbogruppe nur sehr langsam auf eine hohe Leistungsabgabe zu bringen, und auf diese Weise den Abgasmassenstrom m_0 und die Temperatur des Abgases nur langsam zu erhöhen. Abgesehen von Einschränkungen, welche das Betriebsregime der Gasturbogruppe 11 diesbezüglich mit sich bringen kann, bedeutet dies, dass die Leistungsabgabe der Speicheranlage insgesamt beim Kaltstart nur mit einer grossen Verzögerung ins Netz abgegeben werden kann. Die Fähigkeit, schnell Leistung ins Netz liefern zu können, bietet in den heutigen liberalisierten Strommärkten aber einen wesentlichen Wettbewerbsvorteil. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Gasturbogruppe mit ihrem maximalen Leistungsgradienten zu belasten, während das Stellorgan 52 der Entspannungsmaschine 21 gemäss den oben angegebenen Kriterien so gesteuert wird, dass die Entspannungsmaschine nicht überlastet wird und mit ihrem normalen, im Kaltstart deutlich geringeren Drehzahl- und Leistungsgradienten angefahren wird. Wenn jedoch der Wärmetauscher 42 aufgrund des schnellen Anfahrens und Belastens der Gasturbogruppe vergleichsweise schnell mit einem hohen Abgasmassenstrom beaufschlagt wird, muss der Speicherfluidmassenstrom ebenfalls sehr schnell gesteigert werden, um eine Überhitzung des Wärmetauscherapparates zu vermeiden. Das heisst, am Austritt aus dem wärmeaufnehmenden Teil 51 des Wärmetauschers werden sowohl der Massenstrom als auch die Temperatur schneller gesteigert, als die Entspannungsmaschine dies zu verarbeiten in der Lage ist. Daher wird während eines derart verlaufenden Anfahrvorgangs, bei dem der Wärmetauscher 42 sehr schnell, beispielsweise innerhalb von 20 oder 30 Minuten nach dem Synchronisieren oder nach dem Zünden der

Gasturbogruppe bereits mit einer maximalen thermischen Leistung beaufschlagt wird, einerseits das Stellorgan 54 geöffnet, um nichterwärmtes Speicherfluid zum Mischer 55 zu leiten, und somit die Temperatur des Speicherfluids am Eintritt in die Entspannungsmaschine auf einen Wert unterhalb der Temperatur des Speicherfluids beim Austritt aus dem Wärmetauscher abzusenken und auf einen dem Betriebszustand der Entspannungsmaschine kompatiblen Wert einzuregeln. Ein den von der Entspannungsmaschine unter Einhaltung der zulässigen Drehzahl- und Temperaturgradienten verwertbaren Massenstrom m_{AT} überschreitenden Anteil des Gesamtmassenstroms m_{HEX} wird als Abblasmassenstrom m_D über das Stellorgan 53 abgeblasen. Das Stellorgan 53 ermöglicht es, immer, auch bei vollständig geschlossenem Stellorgan 52, einen mindestens erforderlichen Durchfluss des wärmeaufnehmenden Teils 51 des Wärmetauschers 42 zu gewährleisten. Dieses Verfahren ermöglicht zwar eine schnelle Leistungsproduktion mittels der Gasturbogruppe, ist jedoch wirtschaftlich insofern ungünstig, als über das Abblasorgan 53 insbesondere beim Kaltstart ein erheblicher Massenstrom an zuvor aufwändig verdichtetem Speicherfluid ungenutzt verworfen werden muss. Der Verzweiger 41 ist daher mit einer Klappe zur Strömungsumlenkung versehen, welche eine variable Strömungsaufteilung auf die beiden Abströmöffnungen der Verzweigung ermöglicht, derart, dass variable Anteile des gesamten Abgasmassenstroms m_0 zum Wärmetauscher und zu einem zweiten Zweig der Verzweigung in diesem Falle also zum Kamin, geleitet werden können. Die Klappe des Verzweigers ist daher so ausgeführt, dass sie neben einer ersten stationären Betriebsposition, in welcher der gesamte Abgasmassenstrom in den Wärmetauscher geleitet wird, und einer zweiten stationären Betriebsposition, in welcher der gesamte Abgasmassenstrom in den Kamin geleitet wird, wenigstens eine dritte stationäre Betriebsposition aufweist, in welcher ein erster Teilstrom des Abgases zum Wärmetauscher und ein zweiter Teilstrom in den Kamin geleitet wird. Mit einer derartigen Anordnung ist es möglich, die thermische Leistung, mit welcher der Wärmetauscher beaufschlagt wird, besser an die

thermische Leistung anzupassen, welche von der Entspannungsmaschine verwertbar ist. Auf diese Weise kann der unproduktiv verworfene Abblasmassenstrom m_D verringert werden. Idealerweise ist die Klappe innerhalb des Verzweigers 41 stufenlos verstellbar; in der Praxis ist dies jedoch vergleichsweise schwierig realisierbar, weshalb auch Verzweiger Anwendung finden, bei denen die Klappe diskrete Zwischenstellungen für den stationären Betrieb aufweist. An sich ist es auch möglich, wenn auch weniger energieeffizient, auf den Verzweiger 41 zu verzichten und/oder auf die Zwischenstellungen zu verzichten. In diesem Falle muss allerdings wesentlich mehr Speicherfluid über das Abblasorgan 53 ungenutzt verworfen werden, welches zur Wärmeabfuhr aus dem Wärmetauscher benötigt wird, aber in der Entspannungsmaschine während des Anfahrvorgangs nicht verwertbar ist. Das Abblasorgan ist weiterhin nützlich, wenn eine vorhandene Abgasklappe, wie sie in der Figur dargestellt ist, ausser Funktion ist, um weiterhin den Betrieb der Speicheranlage zu ermöglichen, bei dem die Gasturbogruppe unabhängig vom thermischen Zustand der Entspannungsmaschine betrieben werden kann. Weiterhin dient das Abblasorgan bei einer allfälligen Schnellabschaltung der Entspannungsmaschine zur Entlastung der Entspannungsmaschine, und ermöglicht es, die Restwärme aus dem Wärmetauscher abzuführen und/oder die Gasturbogruppe weiterhin uneingeschränkt zu betreiben. Auf die oben bereits beschriebene Weise kann, sofern die Massenstrom- und Temperaturlimitierung des Speicherfluids nicht von den Zuständen am Eintritt der Entspannungsmaschine vorgegeben ist, das Anfahren der Entspannungsmaschine beschleunigt werden, indem die Drehzahlerhöhung der Entspannungsmaschine von dem elektromotorisch betriebenen Generator unterstützt wird. Auf diese Weise steigt einerseits der Massenstrom an Speicherfluid, den die Entspannungsmaschine verwerten kann, schneller an. Das heisst, es muss weniger Energie in Form von über das Ablassorgan 53 verworfenem Speicherfluid und in Form von ungenutzt durch den Kamin geleitetem Abgas der Gasturbogruppe verworfen werden. Damit wird der Startvorgang nochmals

energieeffizienter. Weiterhin vermag die Entspannungsmaschine 21 schneller Leistung in das Elektrizitätsnetz abzugeben, was ebenfalls einen wirtschaftlichen Vorteil bietet. Der Generator 22 der Entspannungsmaschine 21 ist daher auf seiner elektrischen Seite mit einer Starthilfsvorrichtung versehen. Derartige Anfahrvorrichtungen sind von den Generatoren von Gasturbogruppen und den Antriebsmotoren von Verdichtern an sich bekannt. Auch die elektrische Maschine 12 ist mit einer derartigen Startvorrichtung versehen, welche dem Fachmann in diesem Zusammenhang aber an sich bekannt ist, und welche daher in der Figur nicht explizit dargestellt ist. Während Gasturbogruppen eine derartige Anfahrvorrichtung benötigen, damit deren Verdichter auf eine Drehzahl gebracht wird, welche einen zum Zünden der Brennkammer notwendigen Mindestmassenstrom gewährleistet, werden Dampf- und Luftturbinen üblicherweise angefahren, indem die Maschinen mit Arbeitsfluid beaufschlagt werden; eine externe Anfahrvorrichtung ist an sich nicht notwendig. Der Generator 22 der Entspannungsmaschine 21 ist auf an sich bekannte Weise über einen Transformator 71 und einen Netzschalter 73 mit dem Elektrizitätsnetz verbunden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist anstatt der üblichen drei Phasen des Drehstromnetzes nur ein schematisierter Verlauf eingezeichnet. Zwischen dem Transformator 71 und dem Generator 22 weist die Stromführung zwei Zweige auf, welche über Schalter 74 und 75 selektiert werden können. Im Leistungsbetrieb der Entspannungsmaschine sind die Schalter 73 und 75 geschlossen und der Schalter 74 ist geöffnet, und der Generator 22 speist elektrische Leistung in das Netz 70 ein. Beim Anfahren der Entspannungsmaschine sind die Schalter 73 und 74 geschlossen, und der Schalter 75 ist geöffnet. Der Generator 22 wird dann elektromotorisch und netzasynchron betrieben. Dabei setzt der Frequenzwandler 72, beispielsweise ein so genannter statischer Frequenzumrichter, Static Frequency Converter, SFC, die Wechselstromfrequenz des Netzes auf dem Fachmann an sich geläufige Weise derart um, dass sie von dem nicht synchron elektromotorisch betriebenen Generator verwertbar ist. Auf diese Weise kann die Beschleunigung der Entspannungsmaschine unterstützt

werden, wodurch die Problematik eines übermäßigen Anstieg des der Temperatur am Austritt der Entspannungsmaschine bei niedrigen Drehzahlen vermieden und gleichzeitig der Anfahrgradient der Entspannungsmaschine erhöht wird. In der Summe kann die Entspannungsmaschine damit schneller auf Nenndrehzahl beschleunigt und der Generator 22 im Leistungsbetrieb am Netz betrieben werden, als dies möglich wäre, wenn die Entspannungsmaschine nur durch die Leistung des durchströmenden Speicherfluids beschleunigt würde.

[0019] In Verbindung mit der Figur 2 wird nunmehr der Startvorgang der Speicheranlage aus Figur 1 erläutert, bei der die Abgasklappe des Verzweigers 41 neben den Stellungen, in denen der gesamte Massenstrom entweder zum Kamin oder zum Wärmetauscher geführt wird, zwei diskrete stationäre Zwischenstellungen aufweist. In der Figur 2 ist der Verlauf verschiedener Massenströme sowie der Leistung P_{GT} der Gasturbogruppe und P_{AT} der Entspannungsmaschine über der Zeit aufgetragen. Zu beachten ist dabei, dass die Darstellung nicht massstäblich ist, sondern nur unterschiedliche Verläufe qualitativ darstellt, um das Verständnis des Anfahrvorgangs zu erleichtern. Insbesondere dient die Darstellung in der Figur 2 dazu, darzulegen, wie mittels des in den Ansprüchen gekennzeichneten Startverfahrens und der in den Vorrichtungsansprüchen gekennzeichneten Speicheranlage der Abgasmassenstrom m_D minimiert und gleichzeitig die Belastungsgeschwindigkeit maximiert wird. In einer ersten Phase des Startvorgangs, welche in dem Diagramm nicht dargestellt ist, und die sich sozusagen links der Darstellung anschließt, wird die Gasturbogruppe gezündet und auf Nenndrehzahl beschleunigt. Dabei ist die Klappe des Verzweigers 41 so eingestellt, dass der gesamte Abgasmassenstrom m_0 der Gasturbogruppe am Wärmetauscher 42 vorbeigeführt wird. Die Klappe wird zum Zeitpunkt t_1 in eine erste Position gebracht, derart, dass ein erster Teilstrom m_1 des Abgasmassenstroms m_0 in den Wärmetauscher geleitet wird. Die Durchflussregelung des Wärmetauschers reagiert mit einer durch die thermische Trägheit des Wärmetauschers bedingten Verzögerung auf die Beaufschlagung mit heißen Abgasen. Das

Stellorgan 53 wird geöffnet, und der Durchfluss durch den wärmeaufnehmenden Teil 51 des Wärmetauschers wird so eingeregelt, dass eine Überhitzung des Wärmetauschers vermieden wird. Dadurch steigt der Massenstrom m_D zunächst an. Möglichst frühzeitig wird der nicht dargestellte Massenstrom m_{AT} gesteigert, um mit dem Aufheizvorgang der Entspannungsmaschine zu beginnen, und entsprechend wird der Massenstrom m_D gesenkt. Zum Zeitpunkt t_2 wird die Gasturbogruppe synchronisiert und deren Leistung wird mit einem normalen Leistungsgradienten gesteigert. Eine Gasturbogruppe, welche nicht speziell für Spitzenlast ausgelegt ist, erreicht ihre Maximalleistung typischerweise innerhalb von rund 20 Minuten bis eine halbe Stunde nach dem Synchronisieren, wobei Abweichungen von diesen beispielhaften Zeitangaben ohne weiteres möglich sind. In dem dargestellten Beispiel hat die Gasturbogruppe zum Zeitpunkt t_4 ihre Maximalleistung erreicht und verharrt dort; es ist bei der dargestellten Vorrichtung und dem hier erläuterten Verfahren aber ohne weiteres möglich, die Gasturbogruppe unabhängig vom sonstigen Anfahrvorgang beliebig gemäss der Leistungsanforderungen des Netzes zu betreiben. Mit steigender Leistung der Gasturbogruppe steigt auch deren Abgastemperatur und damit die im Wärmetauscher umzusetzende thermische Leistung. Daher steigt nach dem Synchronisieren der Speicherfluidmassenstrom m_{HEX} im Wärmetauscher an. Weil dieser steigende Massenstrom und die steigende Temperatur nicht sofort von der Entspannungsmaschine verarbeitet werden können, steigt auch der Abblasmassenstrom m_D an. Im Zeitraum zwischen t_3 und t_4 wird eine verstellbare Vorleitreihe des Verdichters der Gasturbogruppe geöffnet, weshalb der Abgasmassenstrom m_0 sowie bei gleichbleibender Stellung der Abgasklappe im Verteiler 41 der Massenstrom m_1 im wärmeabgebenden Teil des Wärmetauschers 42 ansteigen. Dies resultiert in einem verstärkten Anstieg des Speicherfluidmassenstroms m_{HEX} durch den Wärmetauscher. Währenddessen wird die Entspannungsmaschine 21 weiter aufgewärmt und ist daher in der Lage, einen grösseren Massenstrom zu verarbeiten. Gleichzeitig kann die Temperatur des der Entspannungsmaschine

zuströmenden Speicherfluids abgesenkt werden, indem dem Speicherfluid im Mischer 55 ein nicht erwärmter Speicherfluidmassenstrom zugemischt wird, welcher über das Stellorgan 54 bemessen wird. Daher nimmt der von der Entspannungsmaschine verwertbare Massenstrom zu, und der Abblasmassenstrom m_D vollzieht den Anstieg des Speicherfluidmassenstroms m_{HEX} nicht in vollem Umfang nach, weil die Entspannungsmaschine zunehmend grössere Massenströme zu verwerten in der Lage ist. Wie bereits mehrfach dargelegt wurde, kann der Massenstrom der Entspannungsmaschine zusätzlich schneller gesteigert werden, wenn die Entspannungsmaschine mit Unterstützung des elektromotorisch betriebenen Generators angefahren und auf Nenndrehzahl beschleunigt wird. Nach Erreichen der maximalen Leistung der Gasturbogruppe stellt sich ein vorerst konstanter Wert für den gesamten Speicherfluidmassenstrom m_{HEX} ein. Der Abblasmassenstrom nimmt stetig ab. Wenn der Abblasmassenstrom m_D einen Grenzwert unterschreitet, wird die Klappe im Verteiler 41 im Zeitpunkt t_5 auf eine zweite Zwischenposition eingestellt. Mit diesem Schritt kann prinzipiell auch gewartet werden, bis der Abblasmassenstrom auf Null zurückgegangen ist; im Interesse einer schnellen Leistungsabgabe erfolgt im Ausführungsbeispiel dieser Schritt aber bereits dann, wenn der Abblasmassenstrom einen Grenzwert unterschritten hat. Der Teilstrom m_1 des Abgas-Gesamtmassenstroms, welcher zum Wärmetauscher strömt, nimmt zu. Entsprechend nimmt der Speicherfluidmassenstrom m_{HEX} zu, welche Zunahme durch die thermische Trägheit des Wärmetauschers verzögert wird. Aufgrund der sprunghaften Erhöhung der umzusetzenden thermischen Leistung nimmt auch der Abblasmassenstrom m_D zunächst zu, um danach mit fortschreitendem Aufwärmen der Speicherfluid-Entspannungsmaschine wieder abzunehmen. Im Zeitpunkt t_7 wird die Abgasklappe im Verzweiger in eine Position gebracht, in der der gesamte Abgasmassenstrom der Gasturbogruppe den Wärmetauscher durchströmt. Dies resultiert in einem nochmaligen Anstieg des Speicherfluidmassenstroms m_{HEX} und des Abblasmassenstroms m_D , wobei letzterer mit fortschreitendem Aufwärmen der Speicheranlage auf

nicht dargestellte, für den Fachmann aber nachvollziehbare Weise auf Null zurückgeht. Zum Zeitpunkt t_6 wird die Speicherfluid-Entspannungsmaschine synchronisiert und deren Leistung P_{AT} gesteigert. Die Speicherfluid-Entspannungsmaschine erreicht ungefähr dann im Wesentlichen ihre maximale Leistungsabgabe, wenn der Abblasmassenstrom m_D auf Null zurückgegangen ist. Der betriebstechnisch notwendige Verlust an Speicherfluid ergibt sich aus dem Integral unter der Verlaufskurve des Abblasmassenstroms. Dieser wird selbstverständlich um so kleiner, je schneller die Speicherfluid-Entspannungsmaschine in der Lage ist, einen hohen Massenstrom an Speicherfluid mit hoher Temperatur zu verarbeiten. Weiterhin wird dieser Verlust um so kleiner, je mehr stationäre Zwischenstellungen die Abgasklappe im Verteiler 41 aufweist, das heisst, je kleiner die Massenstromsprünge im wärmeabgebenden Teil des Wärmetauschers sind. Im Falle einer stufenlos verstellbaren Abgasklappe können diese Verluste bis auf Null oder wenigstens bis nahe Null reduziert werden. Der Speicherfluidverlust kann, wie oben beschrieben, weiterhin vermindert werden, indem im Mischer 55 die Temperatur des der Speicherfluid-Entspannungsmaschine zuströmenden Speicherfluids vermindert und an eine mit dem Betriebszustand der Speicherfluid-Entspannungsmaschine kompatible Temperatur angepasst wird. Ebenso vermag die Anfahrunterstützung der Entspannungsmaschine durch den elektromotorisch betriebenen Generator diesen Verlust weiter zu verringern.

[0020] In der Figur 3 ist eine weitere Ausführungsform der Druckspeicheranlage dargestellt. Diese unterscheidet sich von der in Figur 1 dargestellten Druckspeicheranlage dadurch, dass an Stelle des Mixers 55 ein Einspritzkühler 57 angeordnet ist, dem über ein Stellorgan 56 ein Flüssigkeitsmassenstrom zugemessen wird, welcher in dem Einspritzkühler in das Speicherfluid eingedüst wird. Aufgrund der Verdunstung der Flüssigkeit kommt es zu einer Abkühlung des der Speicherfluid-Entspannungsmaschine zuströmenden Speicherfluids. Auf diese Weise ist es ebenfalls möglich, die Temperatur so zu senken, dass

die Speicherfluid-Entspannungsmaschine einen grösseren Anteil des durch den Wärmetauscher durchgesetzten Speicherfluids verwerten kann. Vorteilhaft gegenüber der Figur 1 ist bei dieser Ausführungsform, dass zur Abkühlung des Speicherfluids kein zusätzliches Speicherfluid aufgewendet werden muss; dafür muss im Gegenzug Flüssigkeit bevorratet oder demineralisierte und gereinigte Flüssigkeit bereitgestellt werden. In analoger Weise zu den in Verbindung mit Figur 1 gemachten Ausführungen kann auch hier ein weiterer Kompressor auf dem Wellenstrang der Entspannungsmaschine angeordnet werden; ausführliche Erläuterungen hierzu erübrigen sich im Lichte der dort gemachten Ausführungen.

[0021] Im Lichte dieser Ausführungen eröffnen sich dem Fachmann eine Vielzahl weiterer im Umfang der Erfindung mit umfasste Ausführungsformen. Die zur Erläuterung der Erfindung dargestellten Ausführungsbeispiele können dabei selbstverständlich nicht abschliessend sein. Wie oben bereits angedeutet, kann prinzipiell auf die verstellbare Abgasklappe verzichtet werden, auch wenn dies während des Anfahrens Effizienzverluste bedingt, weil mehr Speicherfluid während des Anfahrvorgangs der Entspannungsmaschine durch den Wärmetauscher durchgesetzt werden muss, wobei nicht der gesamte Massenstrom von der Entspannungsmaschine verwertet werden kann, was bedeutet, dass Speicherfluid ungenutzt über das Abblasorgan verworfen werden muss. Insbesondere kann weiterhin eine Gasturbogruppe mit sequenzieller Verbrennung, wie sie aus EP 620 362 bekanntgeworden ist, Verwendung finden. Es können zum Beispiel zwei oder mehr Gasturbogruppen auf einen gemeinsamen Wärmetauscher wirken. Weiterhin kann der Ladekompressor 13 auf einem eigenen Wellenstrang mit einer Antriebsmaschine angeordnet sein; weiterhin werden hier im allgemeinen mehrere in Reihe geschaltete Kompressoren verwendet, was aber nicht dargestellt weil nicht erfindungswesentlich ist. Über diese Beispiele hinausgehende Ausführungsformen der Erfindung sind selbstverständlich mit umfasst.

Bezugszeichenliste

[0022]	11	Gasturbogruppe
[0023]	12	Motor-Generator-Einheit, elektrische Maschine
[0024]	13	Kompressor
[0025]	14	Kupplung
[0026]	15	Kupplung
[0027]	21	Speicherfluid-Entspannungsmaschine; Luftturbine
[0028]	22	Generator
[0029]	30	Speichervolumen
[0030]	31	Rückschlagorgan
[0031]	32	Kühler
[0032]	34	Absperrorgan
[0033]	35	Absperr- und/oder Stellorgan; „ Wellhead“
[0034]	41	Strömungsverzweigungselement; Verzweiger, mit Abgasklappe
[0035]	42	Wärmetauscher
[0036]	43	Kamin
[0037]	51	wärmeaufnehmender Teil des Wärmetauschers
[0038]	52	Stellorgan, Regelventil
[0039]	53	Stellorgan, Bypassventil
[0040]	54	Stellorgan, Mischventil
[0041]	55	Mischer
[0042]	56	Stellorgan
[0043]	57	Einspritzkühler
[0044]	60	Steuereinheit
[0045]	61	Eingangssignale der Steuereinheit
[0046]	62	Ausgangssignale der Steuereinheit, Stellgrößen
[0047]	63	Datenträger
[0048]	70	Elektrizitätsnetz
[0049]	71	Netztransformator
[0050]	72	Frequenzwandler

[0051]	73	Netzschalter
[0052]	74	Anfahrtschalter
[0053]	75	Leistungsschalter
[0054]	111	Verdichter der Gasturbogruppe
[0055]	112	Brennkammer
[0056]	113	Turbine der Gasturbogruppe
[0057]	n_{AT}	Drehzahl der Entspannungsmaschine
[0058]	m_0	Abgasmassenstrom
[0059]	m_1	erster Teilstrom des Abgasmassenstroms
[0060]	m_2	zweiter Teilstrom des Abgasmassenstroms
[0061]	m_{AT}	Massenstrom der Entspannungsmaschine
[0062]	m_D	Abblasmassenstrom, Bypassmassenstrom
[0063]	m_{HEX}	Speicherfluidmassenstrom durch den Wärmetauscher
[0064]	p_{HEX}	Druck des Speicherfluids im Wärmetauscher
[0065]	P_{GT}	Leistungsabgabe der Gasturbogruppe
[0066]	P_{AT}	Leistungsabgabe der Entspannungsmaschine
[0067]	T_{AT}	Temperatur der Entspannungsmaschine
[0068]	T_{ex}	Temperatur des Speicherfluids nach Wärmetauscher

Ansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Druckspeicheranlage, wobei die Druckspeicheranlage umfasst: eine Gasturbogruppe (11), ein Speichervolumen (30) für ein unter Druck befindliches Speicherfluid, eine Speicherfluid-Entspannungsmaschine (21), sowie einen Wärmetauscher (42), welcher auf einer wärmeabgebenden Seite vom Abgas der Gasturbogruppe durchströmbar ist und dessen wärmeaufnehmende Seite (51) in einem Strömungsweg von dem Speichervolumen (30) zur Entspannungsmaschine (21) angeordnet ist, und welches Verfahren umfasst, die Gasturbogruppe auf eine Betriebsdrehzahl zu bringen, einen Generator der Gasturbogruppe mit einem Elektrizitätsnetz zu synchronisieren und die Gasturbogruppe zur Leistungsabgabe in das Elektrizitätsnetz zu betreiben, den Wärmetauscher (42) mit Speicherfluid (m_{HEX}) und mit Abgas der Gasturbogruppe (m_1) zu beaufschlagen, und erwärmtes Speicherfluid für die Speicherfluid-Entspannungsmaschine bereitzustellen, gekennzeichnet dadurch, die Temperatur des für die Entspannungsmaschine bereitgestellten Speicherfluids unabhängig von der Leistungsabgabe (P_{GT}) der Gasturbogruppe zu steuern.
2. Verfahren gemäss Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, die Temperatur des für die Entspannungsmaschine bereitgestellten Speicherfluids so zu steuern, dass die Temperatur und/oder der Temperaturgradient des entspannten Speicherfluids am Austritt aus der Entspannungsmaschine unterhalb eines Grenzwertes verbleibt.
3. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, die Temperatur des für die Entspannungsmaschine bereitgestellten Speicherfluids so zu steuern, dass der Temperaturgradient der Rotortemperatur und/oder der Gehäusetemperatur am Austritt der Entspannungsmaschine unterhalb eines Grenzwertes verbleibt.

4. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, die Entspannungsmaschine auf Nenndrehzahl zu beschleunigen, und das Beschleunigen der Entspannungsmaschine durch einen motorischen Betrieb eines der Entspannungsmaschine zugeordneten Generators zu unterstützen.
5. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, der Entspannungsmaschine erstmals einen Speicherfluid-Massenstrom zuzuführen, wenn die Speicherfluidtemperatur (T_{ex}) am Austritt aus dem Wärmetauscher einen Mindestwert erreicht hat.
6. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, der Entspannungsmaschine im Wesentlichen unmittelbar nach dem Synchronisieren der Gasturbogruppe einen ersten Speicherfluid-Massenstrom zuzuführen.
7. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, die Temperatur (T_{ex}) des Speicherfluids am Austritt aus dem Wärmetauscher (42; 51) zu steuern.
8. Verfahren gemäss Anspruch 7, gekennzeichnet dadurch, einen Speicherfluidmassenstrom (m_{HEX}) durch die wärmeaufnehmende Seite (51) des Wärmetauschers (42) zu leiten, und den Speicherfluidmassenstrom (m_{HEX}) so einzustellen, dass die Temperatur (T_{ex}) am Austritt aus dem Wärmetauscher einen Sollwert erreicht, umfassend, einen ersten von der Speicherfluid-Entspannungsmaschine verwertbaren Teilmassenstrom (m_{AT}) zur Entspannungsmaschine (21) zu leiten und einen zweiten, den ersten Teilmassenstrom übersteigenden Massenstrom (m_D) an der Speicherfluid-Entspannungsmaschine vorbeizuleiten.
9. Verfahren gemäss Anspruch 8, umfassend, das Stellorgan für den ersten Teilmassenstrom (52) als Stellglied für die Regelung wenigstens einer Betriebsgrösse der Entspannungsmaschine zu betreiben, und das Stellorgan

- (53) für den zweiten Teilmassenstrom (m_D) als Stellglied für die Regelung der Temperatur am Austritt aus dem Wärmetauscher zu betreiben.
10. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, den Wärmeeintrag in den Wärmetauscher zu variieren.
 11. Verfahren gemäss Anspruch 10 gekennzeichnet dadurch, dem Wärmetauscher einen variablen Anteil (m_1) des Abgasmassenstroms (m_0) der Gasturbogruppe zuzuführen.
 12. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, die Temperatur des Speicherfluides vor dem Eintritt in die Speicherfluid-Entspannungsmaschine zu verringern.
 13. Verfahren gemäss Anspruch 12, gekennzeichnet dadurch, dem erwärmten Speicherfluid stromab des Wärmetauschers und stromauf der Entspannungsmaschine nichterwärmtes Speicherfluid zuzumischen.
 14. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 12 oder 13, gekennzeichnet dadurch, einen Flüssigkeitsmassenstrom, insbesondere einen Wassermassenstrom, in das erwärmte Speicherfluid stromab des Wärmetauschers und stromauf der Entspannungsmaschine einzubringen.
 15. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, eine Solltemperatur des zur Entspannungsmaschine strömenden Speicherfluids abhängig vom thermischen Zustand der Entspannungsmaschine zu bestimmen.
 16. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend, beim Anfahren der Gasturbogruppe den gesamten Abgasmassenstrom der Gasturbogruppe an dem Wärmetauscher vorbeizuleiten, nach dem Erreichen der Nenndrehzahl der Gasturbogruppe einen ersten Teilmassenstrom des Abgasmassenstroms durch den Wärmetauscher zu leiten, einen Massenstrom

des Speicherfluides durch den wärmeaufnehmenden Teil des Wärmetauschers zu leiten, einen erforderlichen Speicherfluid-Massenstrom so einzuregulieren, dass eine zulässige maximale Temperatur und/oder ein maximal zulässiger Temperaturgradient des Speicherfluids beim Austritt aus dem Wärmetauscher nicht überschritten wird, wenigstens einen ersten Teilstrom des Speicherfluids in die Entspannungsmaschine zu leiten, den ersten Teilstrom des Speicherfluids so einzustellen, dass ein zulässiger Grenzwert der Rotorbeschleunigung der Entspannungsmaschine und/oder ein zulässiger Grenzwert der Temperaturgradienten der Entspannungsmaschine nicht überschritten wird, einen zweiten, den ersten Teilstrom überschreitenden Teilstrom des Speicherfluid-Massenstroms stromab des Wärmetauschers abzublasen, und die Gasturbogruppe unabhängig vom thermischen Zustand des Wärmetauschers und der Entspannungsmaschine zu betreiben

17. Verfahren gemäss Anspruch 16, umfassend, den ersten Teilmassenstrom des Abgasmassenstroms derart einzustellen, dass der erforderliche Speicherfluid-Massenstrom möglichst weitgehend von der Speicherfluid-Entspannungsmaschine aufgenommen werden kann.
18. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 16 oder 17, gekennzeichnet dadurch, das erwärmte Speicherfluid vorgängig der Einbringung in die Entspannungsmaschine abzukühlen, derart, dass zulässige Temperaturgradienten nicht überschritten werden.
19. Verfahren gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, die Steuerung in einem geschlossenen Regelkreis zu betreiben.
20. Druckspeicheranlage, umfassend eine Gasturbogruppe (11), ein Speichervolumen (30) für ein unter Druck befindliches Speicherfluid, eine Speicherfluid-Entspannungsmaschine (21), sowie einen Wärmetauscher (42), welcher auf einer wärmeabgebenden Seite vom Abgas der Gasturbogruppe (m_1) durchströmbar ist und dessen wärmeaufnehmende Seite (51) in einem

Strömungsweg von dem Speichervolumen zur Entspannungsmaschine angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass im Abgasströmungsweg der Gasturbogruppe stromauf des Wärmetauschers eine Verzweigung (41) angeordnet ist mit einer darin angeordneten verstellbaren Abgasklappe zur Strömungsumlenkung und zur variablen Strömungsaufteilung, derart, dass variable Anteile des Abgasmassenstroms zum Wärmetauscher und zu einem zweiten Zweig des Verzweigers leitbar sind.

21. Druckspeicheranlage, gemäss Anspruch 20, gekennzeichnet dadurch, dass die Klappe in eine erste stationäre Betriebsposition aufweist, bei welcher der gesamte Abgasmassenstrom in den Wärmetauscher geleitet wird, eine zweite stationäre Betriebsposition, in welcher der gesamte Abgasmassenstrom in den zweiten Zweig geleitet wird, und wenigstens eine dritte stationäre Betriebsposition, in welcher ein erster Teilstrom des Abgases zum Wärmetauscher und ein zweiter Teilstrom zu dem zweiten Zweig geleitet wird.
22. Druckspeicheranlage gemäss einem der Ansprüche 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass im Strömungsweg von der wärmeaufnehmenden Seite (51) des Wärmetauschers zur Entspannungsmaschine (21) ein Mittel (55; 57) zur Temperaturabsenkung des erwärmten Speicherfluids angeordnet ist.
23. Druckspeicheranlage gemäss Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass zur Temperaturabsenkung ein Mittel zur Einbringung von unerwärmtem Speicherfluid und/oder ein Mittel zur Einbringung von Flüssigkeit in das erwärmte Speicherfluid angeordnet ist.
24. Druckspeicheranlage, umfassend eine Gasturbogruppe (11), ein Speichervolumen (30) für ein unter Druck befindliches Speicherfluid, eine Speicherfluid-Entspannungsmaschine (21), sowie einen Wärmetauscher (42), welcher auf einer wärmeabgebenden Seite vom Abgas der Gasturbogruppe (m_1) durchströmbar ist und dessen wärmeaufnehmende Seite (51) in einem Strömungsweg von dem Speichervolumen zur Entspannungsmaschine angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass im Strömungsweg des

Speicherfluids vom Wärmetauscher zur Entspannungsmaschine ein Verzweigungselement angeordnet ist, wobei sich an einen Zweig des Verzweigungselements ein zweiter Strömungsweg mit einem Absperr- und/oder Stellorgan (53) anschliesst, welcher zweite Strömungsweg die Entspannungsmaschine umgeht, derart, dass über den zweiten Strömungsweg wenigstens ein Teilstrom (m_D) des aus dem Wärmetauscher abströmenden Speicherfluids unter Umgehung der Entspannungsmaschine ableitbar ist.

25. Steuereinheit (60), welche konfiguriert ist, eine Druckspeicheranlage zur Durchführung eines Verfahrens gemäss einem der Ansprüche 1 bis 19 zu veranlassen.
26. Digitaler Code, welcher geeignet ist, eine Steuereinheit derart zu konfigurieren, dass sie eine Druckspeicheranlage zur Durchführung eines Verfahrens gemäss einem der Ansprüche 1 bis 19 veranlasst.
27. Datenträger (63), auf welchem ein digitaler Code gemäss Anspruch 26 und/oder dessen Quellcode gespeichert ist.

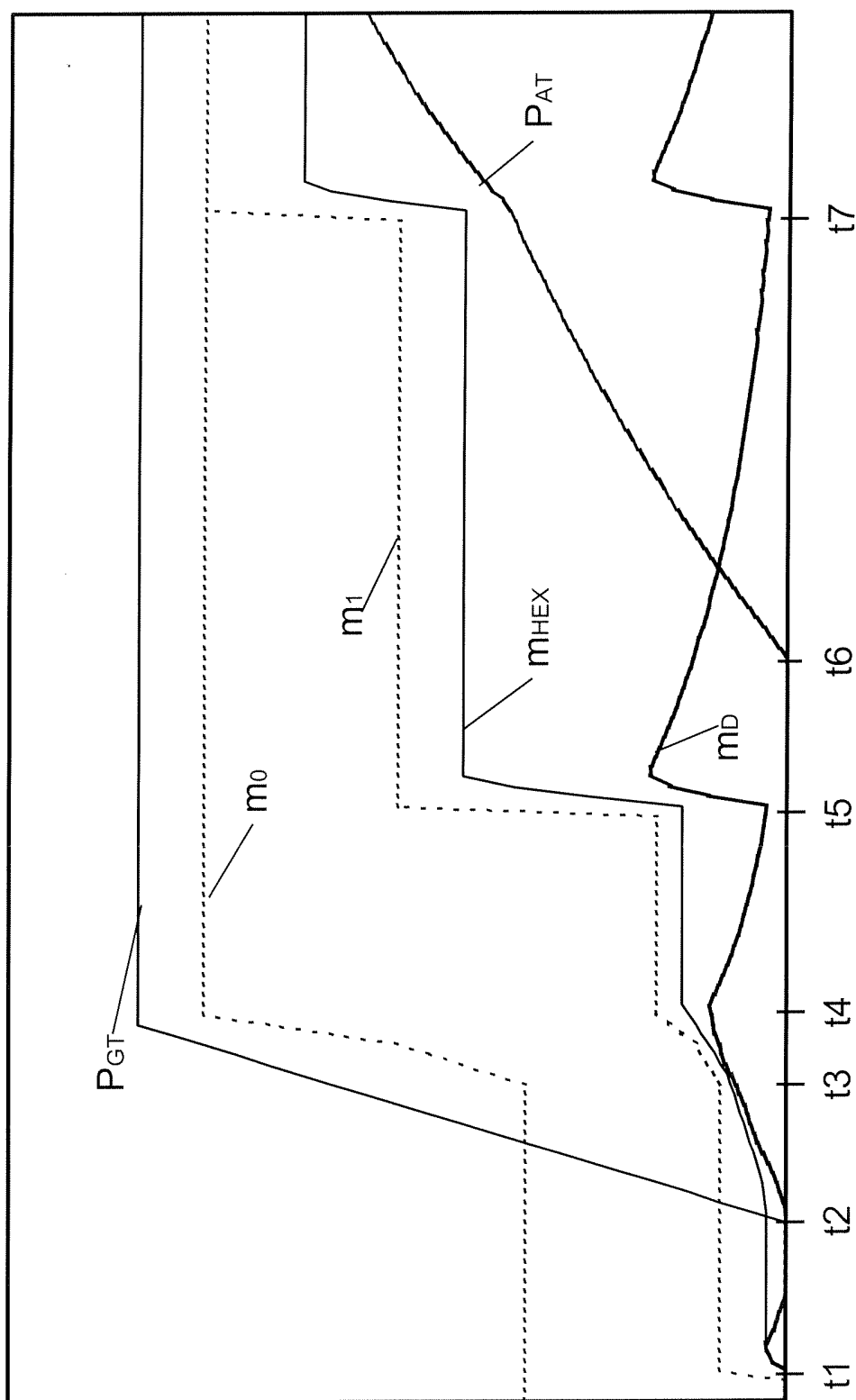


Fig. 2

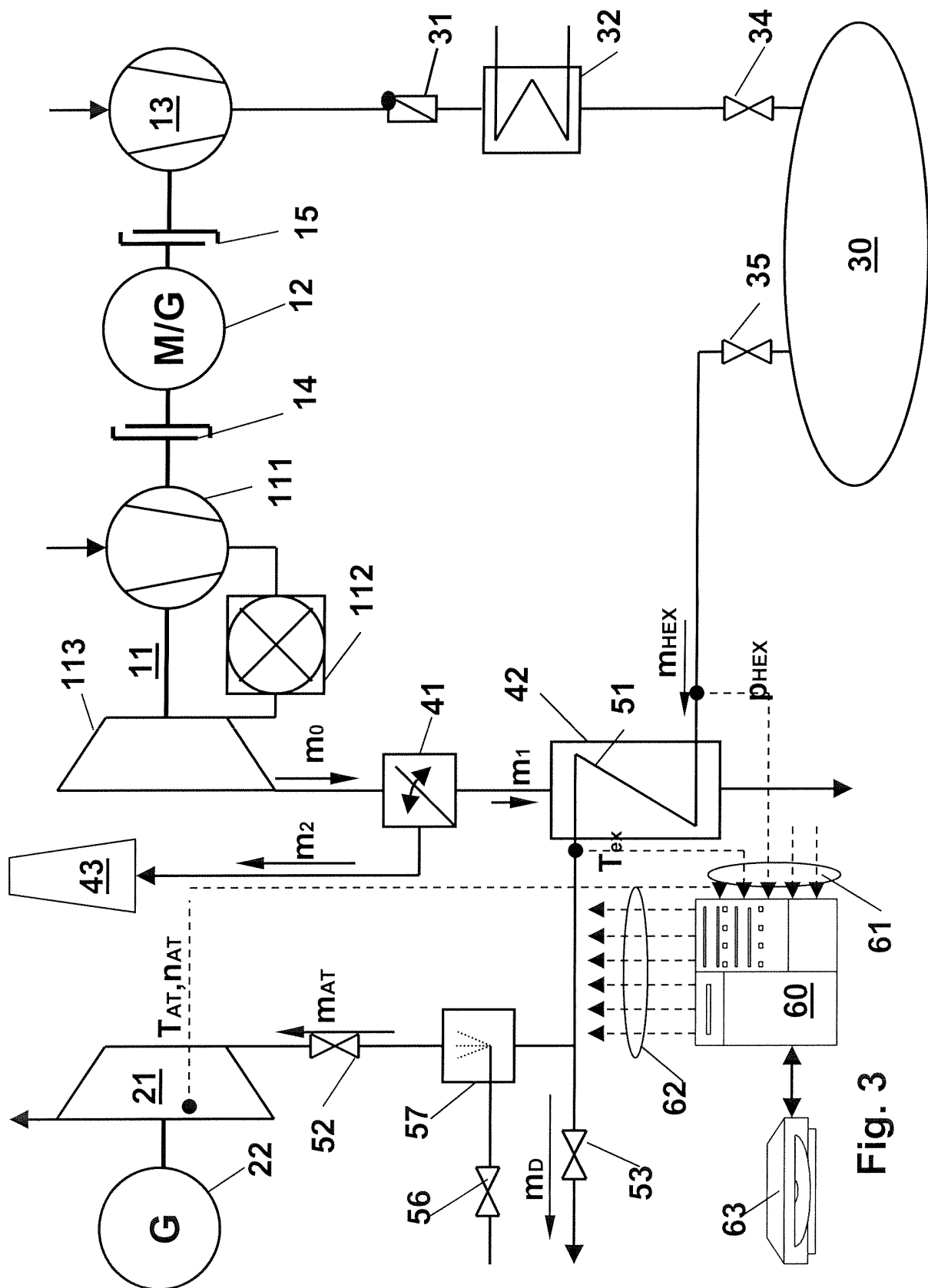


Fig. 3