

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. Januar 2018 (18.01.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/010848 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F01K 13/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/025177

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Juni 2017 (21.06.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 008 520.7

	15. Juli 2016 (15.07.2016)	DE
16020391.5	10. Oktober 2016 (10.10.2016)	EP
16020509.2	22. Dezember 2016 (22.12.2016)	EP

(71) Anmelder: **CARBON-CLEAN TECHNOLOGIES GMBH** [DE/DE]; Im Zollhafen 24 (Kranhaus Süd), 50678 Köln (DE).

(72) Erfinder: **JOSEPH, Robert**; Hebbelstrasse 54, 50968 Köln (DE). **ZOELLNER, Lars**; Anna-Schneider-Steig 3, 50678 Köln (DE). **KNOP, Klaus**; Markgrafenstrasse 6, 79295 Sulzburg (DE).

(74) Anwalt: **VON ROHR PATENTANWÄLTE PARTNERSCHAFT MBB**; SCHLEITZER, Dirk-Karsten, Rütterscheider Straße 62, 45130 Essen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,

(54) Title: METHOD FOR ADAPTING THE OUTPUT OF A STEAM-TURBINE POWER STATION, AND STEAM-TURBINE POWER STATION

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ANPASSUNG DER LEISTUNG EINER DAMPFTURBINEN-KRAFTWERKSANLAGE UND DAMPFTURBINEN-KRAFTWERKSANLAGE

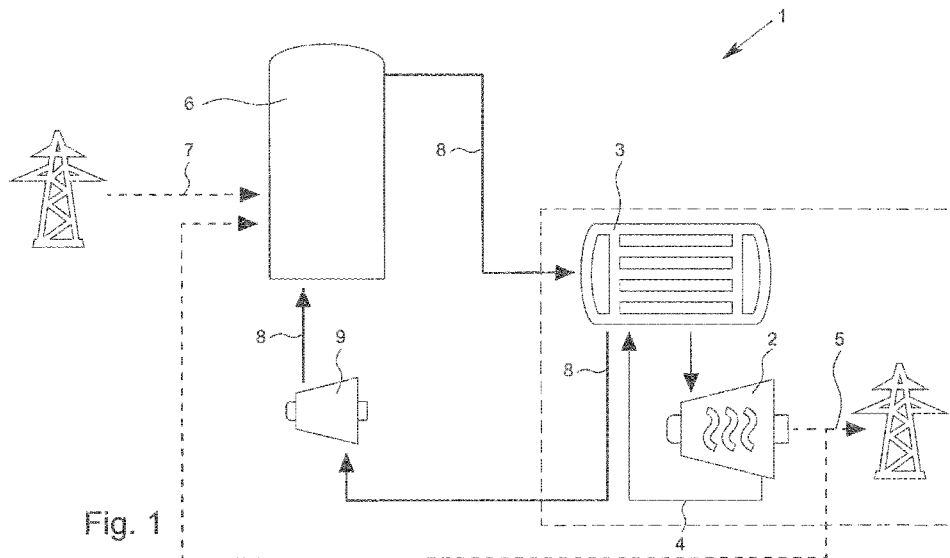


Fig. 1

(57) Abstract: Disclosed is a method for rapidly and flexibly adapting the output of a steam-turbine power station (1), preferably for adapting the output to altered network loads, more preferably for providing a positive and/or negative network operating reserve as required, and especially preferably for providing a primary operating reserve and/or a secondary operating reserve. According to the invention, heat released during the discharge of at least one electrically chargeable thermal store (6) is coupled into a feedwater heater section (3) of the power station (1).

(57) Zusammenfassung: Dargestellt und beschrieben ist ein Verfahren zur schnellen und flexiblen Anpassung der Leistung einer Dampfturbinen-Kraftwerksanlage (1), vorzugsweise zur Leistungsanpassung an veränderte Netzlasten, weiter vorzugsweise zur be-

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2018/010848 A1

KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

darfsabhängigen Bereitstellung von positiver und/oder negativer Netzregelleistung, besonders bevorzugt zur Bereitstellung von Primär- und/oder Sekundärregelleistung. Erfindungsgemäß wird eine Wärmeeinkopplung von bei der Entladung von wenigstens einem elektrisch beladbaren thermischen Speicher (6) freigesetzter Wärme in eine Speisewasservorwärmstrecke (3) der Kraftwerksanlage (1) vorgesehen.

Verfahren zur Anpassung der Leistung einer Dampfturbinen-Kraftwerksanlage und Dampfturbinen-Kraftwerksanlage

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur schnellen und flexiblen Anpassung der Leistung einer Dampfturbinen-Kraftwerksanlage, vorzugsweise zur Leistungsanpassung an veränderte Netzlasten, weiter vorzugsweise zur bedarfsabhängigen Bereitstellung von Netzregelleistung, besonders bevorzugt zur Bereitstellung von Primär- und/oder Sekundärregelleistung. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung eine Dampfturbinen-Kraftwerksanlage mit wenigstens einer Dampfturbine und weiteren, für den Kraftwerksprozess erforderlichen Anlagenkomponenten, wie Speisewasservorwärmern, Verdampfern, Dampfüberhitzern, Pumpe und Kondensator sowie Speisewasserbehälter. Besonders bevorzugt betrifft die Erfindung ein mit Kohlenstaub gefeuertes Kraftwerk der Leistungsklasse größer 50 MW_{el.}, besonders bevorzugt größer 100 MW_{el.}, beispielsweise größer 400 MW_{el.}

Aufgrund der Deregulierung des Strommarkts gewinnt ein flexibler Lastbetrieb der an das Stromnetz angeschlossenen Kraftwerke an Bedeutung. Hinzu kommt der Ausbau regenerativer Energien, wie beispielsweise der Windenergie, was zu höheren Anforderungen an die Fähigkeit zur Leistungsanpassung der unterschiedlichen Kraftwerkstypen führt. Durch die steigende Einspeisung regenerativer Energien in das Stromnetz werden konventionelle Energieerzeugungsanlagen zunehmend in ein Lastregime gezwungen, das von vielen Lastwechseln gekennzeichnet ist. Wenn die Netzlast, also der gesamte Stromverbrauch in einem Verbundnetz, unvorhergesehen ansteigt, also die momentan eingespeiste Leistung aller Kraftwerke übersteigt, führt dies zu einem leichten Abbremsen der Generatoren und damit zu einem Absinken der Netzfrequenz. Gleiches geschieht, wenn die Einspeisung unerwartet abnimmt, beispielsweise durch den Ausfall eines Kraftwerks. Umgekehrt steigt die Netzfrequenz an, wenn die Einspeisung höher ist als erwartet oder wenn die Last geringer ist. Um die Netzfrequenz ausreichend stabil zu halten, ist eine aktive Regelung notwendig, und zwar mit unterschiedlichen Beiträgen entsprechend bestimmter Zeitskalen. Für diese Regelung wird Regelenergie benötigt, nämlich bei zu niedriger Netzfrequenz zusätzliche Einspeisungen ins Stromnetz oder eine Reduktion der Netzlast, was jeweils als "positive Regelleistung" oder "-energie" bezeichnet wird. Bei zu hoher Netzfrequenz muss die Einspeisung reduziert oder die Netzlast erhöht werden, was als "negative Regelleistung" oder "-energie" bezeichnet wird.

Hinsichtlich der Frequenzregelung in Stromnetzen unterscheidet man unter anderen zwischen einer Primär- und einer Sekundärregelung. Die Primärregelung muss üblicherweise eingreifen, wenn eine Frequenzabweichung von wenigstens 0,02 Hz auftritt. Eine Leistungsänderung muss dann innerhalb von 30 Sekunden proportional zur Abweichung der Netzfrequenz erfolgen, die bedarfsweise über 15 Minuten beibehalten werden muss. Die sogenannte "Sekundärregelung" erfolgt dagegen auf Ebene der Übertragungsnetze und reagiert deutlich langsamer. Die Sekundärregelung muss innerhalb von maximal 15 Minuten einsetzen.

Frequenzabweichungen werden zunächst durch die Primärregelung auf die an der Primärregelung beteiligten Kraftwerke im gesamten Stromnetz aufgeteilt. Diese stellen dafür eine sogenannte Primärregelreserve, also eine Leistungsreserve, zur Verfügung, welche von den beteiligten Kraftwerken automatisch an das Stromnetz abgegeben wird. Die Primärregelung dient der Stabilisierung der Netzfrequenz bei möglichst kleiner Abweichung, jedoch auf einem von einem vorgegebenen Netzfrequenznennwert abweichendem Niveau. Die sich an die Primärregelung anschließende Sekundärregelung hat dagegen die Aufgabe, das Gleichgewicht zwischen den Stromerzeugern und -verbrauchern im Stromnetz wieder herzustellen und dadurch die Netzfrequenz wieder auf den vorgegebenen Netzfrequenznennwert zurückzuführen. An der Sekundärregelung beteiligte Kraftwerke stellen hierzu eine Sekundärregelreserve zur Verfügung.

Es ist bekannt, dass eine Wirkleistungssteigerung beispielsweise eines Kohlekraftwerks aus einem beliebigen Leistungspunkt heraus länger dauert als beispielsweise bei Pumpspeicher- oder Gaskraftwerken, bei denen die Leistung bedarfsweise im Sekundenbereich abgerufen werden kann. Eine Änderung der Kohlebefeuerung führt erst nach einer Verzögerung im Minutenbereich zu einer Änderung der in die Stromnetze abgegebenen Wirkleistung bzw. der elektrischen Nettoleistung der Kraftwerksanlage, so dass die damit erreichbaren Leistungsrampen moderat sind. Leistungserhöhungen können so nur zeitverzögert in die entsprechenden Verteilnetze abgegeben werden. Das Gleiche gilt für eine Verringerung der in die Verteilnetze abgegebenen Leistung.

Ist es erforderlich, eine schnelle Leistungsänderung bereitzustellen, sind schnell wirkende Zusatzmaßnahmen erforderlich. Beispiele für solche Maßnahmen sind die Drosselung der Hochdruck-Turbinenregelventile, eine Überlasteinleitung zur Hochdruckteilturbine, der Kondensatstau oder auch die Androsselung der Anzapf-

dampfleitungen zu Hochdruck-Vorwärmern in der Vorwärmstrecke des Speisewassers.

5 So wird beispielsweise durch Kondensatstau kurzfristig, schnell und temporär mehr Dampf im Niederdruck- bzw. Mitteldruckteil der Turbine zur Verfügung gestellt. Voraussetzung ist aber, dass der Dampferzeuger ausreichend weit unterhalb der maximalen Dampferzeugerleistung betrieben wird. Auf Anforderung wird der Kondensatmassenstrom durch die Niederdruck-Vorwärmstrecke reduziert und damit auch der Anzapfdampfmassenstrom von Niederdruck- und Mitteldruckvorwärmern, 10 wodurch mehr Dampf in der Turbine verbleibt und dadurch mehr Leistung erzeugt wird. Das Reduzieren des Kondensatmassenstroms ist erforderlich, damit sich die Wassertemperatur im Speisewasserbehälter nicht ändert und sich dadurch keine Rückwirkungen auf die Dampferzeugung ergeben. Das zusätzliche Kondensat wird gespeichert. Aufgrund der beschränkten Volumina dieser Kondensatspeicher ist 15 der Kondensatstau allerdings auf wenige Minuten begrenzt. Daher muss parallel zum Kondensatstau die Feuerungsrate des Dampferzeugers erhöht werden, um die gestiegene Leistungsanforderung längerfristig zu erfüllen und den Kondensatstau im Minutenbereich abzulösen. Da der Speisewasserbehälter nur mit einem reduzierten Kondensatmassenstrom bespeist wird, sinkt der Füllstand entsprechend ab. Mit steigender Dampferzeugerleistung kann die Androsselung der Kondensatregelstation wieder verringert werden, bis schließlich ein stationärer Betriebszustand erreicht ist. Um den Ursprungszustand wieder herzustellen, muss 20 das gespeicherte Kondensat wieder zurück in den Speisewasserbehälter gefördert werden. Damit ist die durch den Kondensatstau kurzfristig zur Verfügung stellbare Mehrleistung der Kraftwerksanlage durch die maximale Dampferzeugerleistung begrenzt, da der Dampferzeuger den Kondensatstau in kurzer Zeit wieder ablösen muss. 25

30 Bei der Androsselung der Anzapfdampfleitungen zu den Hochdruck-Vorwärmern in der Speisewasservorwärmstrecke kommt es zu hohen thermischen Belastungen der Vorwärmer, wobei dem Dampferzeuger in diesem Fall kälteres Speisewasser zugeführt wird, so dass die Kesselfeuerung entsprechend überdimensioniert werden muss.

35 Kondensatstau und das bekannte Androsselungsverfahren führen zum Betrieb der Kraftwerksanlage mit vermindertem Wirkungsgrad.

Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Anpassung der Leistung einer Dampfturbinen-Kraftwerksanlage und eine Dampfturbinen-Kraftwerksanlage zur Verfügung zu stellen, die eine schnelle und flexible Erhöhung oder Erniedrigung der Wirkleistung der Kraftwerksanlage bei hohem Wirkungsgrad der Energieerzeugung und in verfahrenstechnisch einfacher Weise ermöglichen. Insbesondere sollen Kraftwerksbetreibern durch das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Dampfturbinen-Kraftwerksanlage neue Optionen für einen wirtschaftlichen Kraftwerksbetrieb eröffnet werden.

Die vorgenannte Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 und durch eine Dampfturbinen-Kraftwerksanlage mit den Merkmalen von Anspruch 14 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß wird zur schnellen und flexiblen Erhöhung der Wirkleistung der Kraftwerksanlage, vorzugsweise zur Bereitstellung von positiver Netzregelleistung, besonders bevorzugt zur Bereitstellung von Primär- und/oder Sekundärregelleistung, eine Wärmeeinkopplung von bei der Entladung von wenigstens einem elektrisch beladbaren thermischen Speicher freigesetzter Wärme in eine Speisewasservorwärmstrecke der Kraftwerksanlage vorgesehen. Unter dem Begriff "elektrischen Nettogleistung der Kraftwerksanlage" bzw. "Wirkleistung" ist im Sinne der Erfindung die von der Kraftwerksanlage an das Stromnetz, insbesondere ein Stromverbundnetz, abgegebene elektrische Leistung zu verstehen. Die Beladung des Speichers erfolgt durch Zufuhr elektrischer Energie, die in thermische Energie auf hohem Temperaturniveau umgewandelt und gespeichert wird. Die Wärmeeinkopplung bei der Entladung des Speichers kann im Bereich einer Hochdruck-, Mitteldruck- und/oder Niederdruck-Vorwärmstrecke des Dampfturbinen-Kraftwerks erfolgen. Vorzugsweise erfolgt die Wärmeeinkopplung über einen Wärmeträger, insbesondere Heißluft.

Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Kopplung des Kraftwerksprozesses mit einem Speicherkonzept, das wenigstens einen elektrisch beladbaren thermischen Speicher vorsieht, ist insbesondere bei mit Steinkohle befeuerten Kraftwerksanlagen vorteilhaft.

Besonders vorteilhaft ist die Wärmeeinkopplung aus elektrisch beladbaren thermischen Speichern bei Großkraftwerken der Leistungsklasse größer 50 MW_{el.}, besonders bevorzugt größer 100 MW_{el.}, beispielsweise größer 400 MW_{el.}

5 Die erfindungsgemäße Dampfturbinen-Kraftwerksanlage weist dementsprechend wenigstens eine Dampfturbine und wenigstens einen elektrisch beladbaren thermischen Speicher auf, wobei entsprechende Einrichtungen zum Einkoppeln der bei der Entladung des thermischen Speichers freigesetzten thermischen Energie in die Speisewasservorwärmstrecke der Kraftwerksanlage vorgesehen sind.

10

Die Erfindung sieht den Einsatz von wenigstens einem elektrisch beladbaren thermischen Speicher vor, in dem Wärmeenergie vorgehalten wird und diese als allein-
stehende oder aber auch als zusätzliche Maßnahme genutzt wird, um so die elekt-
rische Nettoleistung bzw. die Wirkleistung der Kraftwerksanlage und damit insbe-
sondere die Verfügbarkeit von Primär- und/oder Sekundärregelreserven zu erhö-
15 hen.

15

Im Vergleich zur dem bekannten Kondensatstauverfahren ermöglicht die erfin-
dungsgemäß vorgeschlagenen Wärmeeinkopplung aus einem elektrisch beladba-
20 ren thermischen Speicher eine Leistungssteigerung der Kraftwerksanlage über ei-
nen längeren Zeitraum von bis zu einigen Stunden, wobei die mögliche Zeitdauer
der Leistungserhöhung von der Speicherkapazität abhängt. Anders als beim be-
kannten Kondensatstauverfahren lässt es das erfindungsgemäße Verfahren zu, die
Kraftwerksanlage über einen längeren Zeitraum auch bei maximaler Dampferzeu-
25 gerleistung mit hohen Regelreserven zu betreiben. Im übrigen lässt sich durch die
vorgeschlagene Einkopplung von Wärme aus dem Speicher in die Speisewasser-
vorwärmstrecke der Kraftwerksanlage eine Steigerung der Wirkleistung erreichen,
die der mit dem bekannten Kondensatstauverfahren erreichbaren Leistungssteige-
rung entspricht oder sogar noch darüber hinaus geht und 10% oder mehr betragen
30 kann. Durch eine vergleichsweise einfache und kostengünstige Speichertechnolo-
gie lässt sich die erfindungsgemäß vorgesehene Wärmeeinkopplung aus einem
thermischen Speicher auch als zusätzliche Maßnahme bei konventionell betriebe-
nen Kraftwerken unter Ausnutzung der vorhandenen Kraftwerkspannperipherie nachrü-
sten. Damit wird eine sehr kostengünstige Möglichkeit geschaffen, die Anlagendy-
35 namik von Kraftwerksanlagen zu verbessern.

35

Die Reaktionszeit für eine Leistungsänderung durch Einkopplung von thermischer
Wärme aus dem elektrisch beheizbaren Speicher kann sehr kurz sein und im Be-

reich zwischen beispielsweise 5 und 20 Sekunden liegen. Damit wird auch eine sehr schnelle Möglichkeit zur Anpassung der Wirkleistung der Kraftwerksanlage bereitgestellt.

5 Eine Skalierung des thermischen Speichers auf eine thermische Speicherkapazität von mehreren 100 MWh bis zu mehr als 1000 MWh ist möglich. Die thermische Leistung des Speichers kann mehr als 50 MW, vorzugsweise mehr als 100 MW, betragen. Um eine bestimmte Speicherkapazität vorzuhalten, können bedarfsweise
10 mehrere thermische Speicher, auch modular ausgebildet, miteinander verschaltet werden. Die maximale Speichertemperatur kann im Bereich zwischen 1100 °C und 1300 °C, vorzugsweise bei ca. 1200 °C, liegen.

Der thermische Speicher kann bestrombare Heizleiter aufweisen, die in einer Schüttung aus einem wärmespeichernden Material angeordnet sind. Bei der Bela-
15 dung des Speichers werden die Heizelemente bestromt und es wird die hierbei erzeugte Wärme der Heizleiter an die Schüttung übertragen. Bei der Entladung kann die heiße Schüttung dann insbesondere von Luft durchströmt werden, um Heißluft zu erzeugen, wobei in einem entsprechend ausgelegten Luft/Wasser-
20 Wärmeübertrager eine nachfolgende indirekte Wärmeübertragung von der Heißluft auf das Speisewasser erfolgen kann. Auch andere Ausgestaltungen von elektrisch beladbaren thermischen Speichern sind möglich.

Bei konventionell betriebenen Dampfturbinen-Kraftwerksanlagen erfolgt üblicherweise zur Speisewasservorwärmung eine Entnahme von Anzapfdampf aus der
25 Dampfturbine, mit dem wenigstens ein Speisewasser-Vorwärmer in der Speisewasservorwärmstrecke beheizt wird. Durch die Dampfentnahme kommt es zu einer Leistungsverringerung der Dampfturbine. Durch Einkoppeln der thermischen Energie des Speichers in die Speisewasservorwärmstrecke kann, insbesondere bei positivem Regelleistungsbedarf, eine zur Speisewasservorwärmung vorgesehene
30 Dampfanzapfung der Dampfturbine verringert oder sogar völlig gestoppt werden, so dass die von der Dampfturbine erzeugte Kraftwerksleistung und damit auch die an das Stromnetz abgegebene Wirkleistung des Kraftwerks ansteigen.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in diesem Zusammenhang vorsehen, dass
35 das Speisewasser bedarfsweise zur Erhöhung der elektrischen Leistung der Kraftwerksanlage in einer Bypassführung unter Umgehung wenigstens eines mit Anzapfdampf der Dampfturbine beheizbaren Speisewasservorwärmers der Vorwärmstrecke zum Speicher geführt und dabei erwärmt wird. Die Formulierung "zum

Speicher geführt" ist weit auszulegen. Die Wärmeeinkopplung in das Speisewasser erfolgt vorzugsweise über einen gasförmigen Wärmeträger(kreislauf), der den Speicher durchströmt und hierbei erhitzt wird. Weiter insbesondere wird bei der Entladung des Speichers ein Heißluftstrom erzeugt, der in einem dem Speicher nachgeschalteten Wärmeübertrager die aufgenommene thermische Energie an das Speisewasser abgibt. Der Speicher wird dann von dem Speisewasser nicht durchströmt. Es kann eine speisewasserseitige Umgehung eines Hochdruck-, Mittel- und/oder Niederdruckvorwärmers in der Speisewasservorwärmstrecke vorgesehen sein.

Es ist zweckmäßig im Sinne der Erfindung, wenn thermische Energie des Speichers vorrangig in einen Hochdruckbereich der Speisewasservorwärmstrecke eingekoppelt wird. Dies ermöglicht eine Androsselung einer Anzapfdampfleitung zu einem Hochdruckvorwärmer der Vorwärmstrecke. Vorzugsweise muss weniger bis gar kein energetisch höherwertiger Anzapfdampf auf hohem Druckniveau dem Hochdruckteil der Dampfturbine entnommen werden. Steht ausreichend thermische Energie des Speichers zur Verfügung, kann dann nachrangig auch thermische Energie in einen Mittel- und Niederdruckbereich der Speisewasservorwärmstrecke eingekoppelt werden. In konstruktiver Hinsicht weist die erfindungsgemäße Kraftwerksanlage zu diesem Zweck einen Bypass zur Umföhrung wenigstens eines Speisewasservorwärmers auf einer Hochdruckseite der Speisewasservorwärmung und, vorzugsweise, einen Bypass zur Umföhrung wenigstens eines weiteren Speisewasservorwärmers auf einer Mittel- oder Niederdruckseite der Speisewasservorwärmung auf.

Zur Verringerung der Wirkleistung der Kraftwerksanlage, insbesondere bei negativem Regelleistungsbedarf, kann der thermische Speicher mit von der Kraftwerksanlage erzeugter elektrischer Energie beladen werden. Zumindest ein Teil der elektrischen Leistung der Kraftwerksanlage wird dann nicht in das Stromnetz eingespeist, sondern dient zur Beladung des thermischen Speichers, so dass die Wirkleistung der Kraftwerksanlage sinkt. Bei einem verringerten Strombedarf im Stromnetz, insbesondere während Niedriglastzeiten und/oder bei hoher Netzfrequenz, lässt sich in einfacher Weise und aufgrund schneller Beladungszeiten sehr kurzfristig die Stromeinspeisung reduzieren und damit die Bereitstellung negativer Regelenegie realisieren.

Darüber hinaus kann der thermische Speicher, insbesondere bei negativem Regelleistungsbedarf, auch mit elektrischer Energie aus einem Stromnetz beheizt bzw.

beladen werden. Durch die Beladung des Speichers mit elektrischer Energie aus dem Stromnetz lässt sich in sehr kurzer Zeit die Netzlast erhöhen und damit negative Primär- und/oder Sekundärregelleistung bereitstellen.

5 Durch die Möglichkeit der Wärmeeinkopplung in die Speisewasservorwärmung bei Entladung des thermischen Speichers und die Beladung des Speichers mit Strom kann auch bei einem Nennlastbetrieb der Kraftwerksanlage über einen vergleichs-
weise langen Zeitraum, der unter anderem von der Speicherkapazität abhängt, po-
sitive und negative Regelleistung angeboten werden. Wird die Kraftwerksanlage
10 bei Nennlast oder auch im Bereich zwischen Nennlast und Mindestlast betrieben, kann zur Bereitstellung positiver Regelleistung eine Entladung des thermischen Speichers und zur Bereitstellung negativer Regelleistung eine Beladung des ther-
mischen Speichers erfolgen. Durch die Einkopplung gespeicherter Wärme in den
Prozess der Speisewasservorwärmung kann eine Leistungssteigerung von mehre-
15 ren Prozent, insbesondere bis 10 % oder mehr, erreicht werden. In entsprechender Größenordnung lässt sich durch Beladung des thermischen Speichers die Wirkleistung der Kraftwerksanlage absenken.

Durch Absenken des Arbeits- bzw. Leistungspunktes, auf dem die Kraftwerksanla-
20 ge betrieben wird, lässt sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren im Vergleich zu einem konventionellen Kraftwerksbetrieb, bei dem die bekannten Maßnahmen zur Verbesserung der Anlagendynamik, wie Kondensatstau und Drosselung der Turbinenregelventile, Anwendung finden, mehr positive und negative Regelleistung bzw. ein breiteres Regelband anbieten. Vorzugsweise liegt der Arbeitspunkt der
25 Kraftwerksanlage bei dem erfindungsgemäßen Verfahren in einem Bereich von 90 % bis 100 % der Nennfeuerungsleistung der Kraftwerksanlage.

Die Verwendung von elektrisch beheizbaren thermischen Speichern erhöht die Fle-
xibilität des Kraftwerks, ermöglicht insbesondere eine schnelle und flexible Verfüg-
30 barkeit insbesondere von Primärregelreserven, aber auch von Sekundärregelreserven, und stellt damit einen wirtschaftlichen Betrieb der Kraftwerksanlage sicher, insbesondere in einem geänderten Strommarkt. Durch die Kopplung des Kraftwerksprozesses mit elektrisch beladbaren thermischen Speichern wird insbesonde-
re die Primär- und die Sekundärregelbarkeit der Kraftwerksanlage verbessert und
35 so Kraftwerksbetreibern eine neue Option für einen hochwirtschaftlichen Kraftwerksbetrieb eröffnet. Primär- und Sekundärregelreserven können als zusätzliche Netzdienstleistungen angeboten und verkauft werden.

Die Mindestlast der Kraftwerksanlage ist in erster Linie durch die Feuerung be-
schränkt und weist je nach Brennstoff unterschiedliche Grenzwerte auf. In Stein-
kohlekraftwerken ist die Mindestlast auf ca. 15 % der Nennfeuerungsleistung ab-
senkbar. In Zeiten geringer Stromnachfrage, insbesondere dann, wenn der durch
5 Einspeisung von Strom in ein Stromnetz erreichbare Strompreis unter den Strom-
gestehungskosten der Kraftwerksanlage liegt, weiter insbesondere in so genannten
"Off-Peak-Zeiten", werden Kraftwerke bei Mindestlast betrieben. Während eines
Mindestlastbetrieb der Kraftwerksanlage kann dann bei konventionellen Kraft-
werkskonzepten üblicherweise keine negative Regelleistung angeboten werden.
10 Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es dagegen, dass der Speicher bei
Mindestlastbetrieb der Kraftwerksanlage, insbesondere bei Niedrigtarif-
Strompreisen, zur Bereitstellung negativer Regelleistung zumindest anteilig mit von
der Kraftwerksanlage erzeugter elektrischer Energie beladen wird. Bei Betrieb der
Kraftwerksanlage bei Mindestlast kann somit die an das Stromnetz abgegebene
15 Wirkleistung der Kraftwerksanlage durch Beladung des thermischen Speichers mit
im Kraftwerksprozess erzeugter elektrischer Energie verringert und so negative
Regelleistung bereitgestellt werden. Negative Primär- und Sekundärregelreserven
können als zusätzliche Netzdienstleistungen angeboten und verkauft werden, was
zu einer hohen Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetrieb führt.

20 Die Wirkleistung der Kraftwerksanlage kann bei Mindestlastbetrieb der Kraftwerks-
anlage in einfacher Weise durch Veränderung der Beladungsleistung des Spei-
chers, d.h. die bei der Beladung des Speichers in thermische Energie umgesetzte
Strommenge bezogen auf die Beladungszeit, an den Bedarf an Netzregelleistung
25 angepasst werden. Der thermische Speicher kann vorzugsweise mit einem Anteil
der von der Kraftwerksanlage bei Mindestlast erzeugten elektrischen Leistung von
Null bis 100 % beladen werden. Während Niedertarifzeiten des Strompreises kann
beispielsweise die gesamte elektrische Leistung der Kraftwerksanlage zur Bestro-
mung des thermischen Speichers eingesetzt werden. Steigt der Strombedarf im
30 Stromnetz an, lässt sich der Anteil der zur Bestromung des thermischen Speichers
eingesetzten Kraftwerksleistung bedarfsweise auf Null reduzieren, so dass die ge-
samte Kraftwerksleistung wieder vollständig ins Stromnetz eingespeist werden
kann. Durch die Möglichkeit zur schnellen Änderung der Beladungsleistung lässt
sich die Wirkleistung der Kraftwerksanlage flexibel und sehr zeitnah an einen ge-
35 änderten Bedarf im Stromnetz anpassen.

Beträgt beispielsweise die erzeugte elektrische Leistung der Kraftwerksanlage bei
Mindestlast 15 % der Nennleistung, kann der thermische Speicher bei einem Min-

destlastbetrieb der Kraftwerksanlage beispielsweise mit einem Anteil von 7,5 % der Nennleistung beladen werden. Die Wirkleistung der Kraftwerksanlage reduziert sich entsprechend auf 7,5 % der Nennleistung. Durch Erhöhen der Beladungsleistung des thermischen Speichers auf 15 % der Nennleistung lässt sich die Wirkleistung
5 der Kraftwerksanlage auf Null senken. Ebenso gut ist es möglich, durch Verringerung der Beladungsleistung des Speichers die Wirkleistung der Kraftwerksanlage wieder zu erhöhen, bis maximal 15 % der Nennleistung, wenn die Beladung des thermischen Speichers gestoppt wird.

10 Die maximale Beladungsleistung des Speichers kann zumindest der Kraftwerksleistung bei Mindestlastbetrieb entsprechen. Die Beladungsleistung des thermischen Speichers reicht damit aus, um den gesamten von der Kraftwerksanlage bei Mindestlastbetrieb erzeugten Strom in Wärme umzuwandeln und zu speichern.

15 Die Bestromung des thermischen Speichers mit von der Kraftwerksanlage erzeugter elektrischer Energie führt zu einer Verringerung der Wirkleistung bzw. der Stromeinspeisung ins Stromnetz. Um darüber hinaus die Netzlast zu erhöhen und weitere negative Regelleistung bereitzustellen, kann bei einer ausreichend großen Beladungsleistung des thermischen Speichers der thermische Speicher bei einem
20 Mindestlastbetrieb der Kraftwerksanlage zusätzlich mit elektrischer Energie aus dem Verbundstromnetz beladen werden. Die Bereitstellung zusätzlicher Regelleistung durch Entnahme von Strom aus dem Stromnetz zur Beladung des thermischen Speichers stellt eine neue Option für einen hochwirtschaftlichen Anlagenbetrieb dar, die bei den aus dem Stand der Technik bekannten Kraftwerkskonzepten
25 nicht gegeben ist.

Im Übrigen kann sogar nach einem Abschalten des Kraftwerks eine Beladung des thermischen Speichers mit elektrischer Energie aus dem Stromnetz erfolgen, so dass negative Regelleistung auch im ausgeschalteten Zustand der Kraftwerksanlage
30 bereitgestellt werden kann.

Für die Entladung des Speichers kann vorzugsweise vorgesehen sein, einen Luftstrom durch das heiße Wärmespeichermaterial zu leiten, so dass ein Heißluftstrom erzeugt wird. Liegt dieser auf einem erhöhten Druckniveau von beispielsweise
35 mehr als 2 bar, vorzugsweise mehr als 3 bar, weiter vorzugsweise von 3,5 bar oder mehr vor, kann der Heißluftstrom vor der Wärmeeinkopplung in die Speisewasservorwärmstrecke in einem Expander entspannt werden, um bedarfsabhängig zusätzliche elektrische Energie zu erzeugen und damit die Wirkleistung der Kraft-

werksanlage in noch stärkerem Maße flexibel an den Leistungsbedarf anpassen zu können. Darüber lässt sich so der Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerksprozesses steigern.

5 Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung beispielhaft erläutert. Gleiche Anlagenkomponenten der gezeigten Ausführungsformen der Erfindung sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. In der Zeichnung zeigen

10 Fig. 1 ein vereinfachtes Anlagenschaubild einer erfindungsgemäßen Dampfturbinen-Kraftwerksanlage mit einem elektrisch beladbaren thermischen Speicher, wobei bei der Entladung freigesetzte thermische Energie zur Speisewasservorwärmung in eine Speisewasservorwärmstrecke der Kraftwerksanlage einkoppelbar ist,

15 Fig. 2 ein vereinfachtes Anlagenschaubild einer modifizierten Ausführungsform der in Fig. 1 gezeigten Dampfturbinen-Kraftwerksanlage, wobei ein bei der Entladung des Speichers erzeugter Heißluftstrom vor der Wärmeeinkopplung in einem Expander entspannt wird,

20 Fig. 3 ein vereinfachtes Verfahrensfliessbild eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur schnellen und flexiblen Anpassung der Leistung einer Dampfturbinen-Kraftwerksanlage,

25 Fig. 4 eine schematische Darstellung der Verbesserung der Anlagendynamik bei Dampfturbinen-Kraftwerksanlagen durch Verwendung elektrisch beladbarer thermischer Speicher zur Speisewasservorwärmung und

30 Fig. 5 eine schematische Darstellung der Verbesserung der Anlagendynamik durch Verwendung elektrisch beladbarer thermischer Speicher zur Speisewasservorwärmung beim Betrieb von Dampfturbinen-Kraftwerksanlagen nahe Nennlast.

35 Fig. 1 zeigt ein vereinfachtes Anlagenschaubild einer Dampfturbinen-Kraftwerksanlage 1 mit einer schematisch dargestellten Dampfturbine 2, die einen Hochdruckteil, einen Mitteldruckteil und einen Niederdruckteil aufweisen kann. Darüber hinaus ist schematisch eine Speisewasservorwärmstrecke 3 eines Wasser-Dampf-Arbeitskreislaufs 4 gezeigt, in der Speisewasser für die nachfolgende

Verdampfung vorgewärmt wird. Die im Kraftwerksprozess erzeugte elektrische Nettoleistung bzw. die Wirkleistung 5 wird in ein Stromverbundnetz eingespeist. Weitere für die Stromerzeugung im Dampfkraftprozess erforderliche Anlagenkomponenten sind in Fig. 1 nicht gezeigt.

5

Zur schnellen und flexiblen Anpassung der Wirkleistung 5 der Kraftwerksanlage 1, weiter vorzugsweise zur bedarfsweisen Bereitstellung von positiver und negativer Netzregelleistung, ist wenigstens ein elektrisch beladbarer thermischer Speicher 6 vorgesehen. Zur Beladung des Speichers 6 kann elektrische Leistung 7 aus dem
10 Stromverbundnetz 7 entnommen werden und/oder es wird ein Teil der von der Kraftwerksanlage 1 erzeugten elektrischen Energie eingesetzt, was zu einem Absinken der in das Stromverbundnetz eingespeisten Wirkleistung 5 führt.

Der elektrische Speicher 6 kann wenigstens einen elektrischen Heizleiter zur Umwandlung elektrischer Energie in thermische Energie und ein Wärmespeichermaterial, insbesondere eine Schüttung aus einem wärmespeichernden Material, aufweisen. Die erreichbare Speichertemperatur kann zwischen 1000 °C und 1300 °C, vorzugsweise zwischen 1100 °C und 1200 °C, liegen. Zur Entladung des Speichers 6 wird ein Luftstrom 8 durch das heiße Wärmespeichermaterial geführt und hierbei
15 auf eine Temperatur von vorzugsweise mehr als 500 °C, insbesondere mehr als 700 °C, erwärmt. Der Luftstrom 8 kann dem Speicher 6 bei einem Druck von größer 2 bar, insbesondere von größer 3 bar, beispielsweise von 3,5 bar, zugeführt werden. Zur Verdichtung des Luftstroms 8 ist ein Verdichter 9 vorgesehen. Der aus dem Speicher 6 austretende heiße Luftstrom 8 dient zur Speisewasservorwärmung. In der Speisewasservorwärmstrecke 3 erfolgt eine vorzugsweise indirekte Wärmeübertragung von dem heißen Luftstrom 8 auf das flüssige Speisewasser.
20

Wie nachfolgend anhand von Fig. 3 noch im Einzelnen erläutert wird, ermöglicht die Einkopplung von Wärmeenergie aus dem Speicher 6 in den Kraftwerksprozess zur Speisewasservorwärmung eine schnelle und bedarfsabhängige Erhöhung der elektrischen Leistung der Kraftwerksanlage 1, insbesondere die Bereitstellung positiver Regelleistung. Darüber hinaus lässt sich die Wirkleistung 5 der Kraftwerksanlage, insbesondere zur Bereitstellung negativer Regelleistung, durch die Beladung des Speichers 6 mit von der Kraftwerksanlage 1 erzeugtem Strom bedarfsabhängig verringern und so die Einspeisung von Strom in das Stromnetz reduzieren. Durch
35 Beladung des Speichers 6 mit elektrischer Leistung 7 aus dem Stromnetz lässt sich darüber hinaus die Netzlast erhöhen und damit negative Regelleistung bereitstellen.

Bei der in Fig. 2 gezeigten Kraftwerksanlage 1 ist zur Wirkungsgraderhöhung und zur Steigerung der Flexibilität bei der Leistungsanpassung der Kraftwerksanlage 1 wenigstens ein Expander 10 vorgesehen, um den verdichteten und im Speicher 6 erhitzten Luftstrom 8 nach dem Austritt aus dem Speicher 6 und vor der Wärmeübertragung an das Speisewasser zu entspannen. Die hierbei erzeugte elektrische Leistung 11 kann in das Stromnetz eingespeist werden.

In Fig. 3 ist ein vereinfachtes Verfahrensfließbild eines Dampfkraftprozesses zur schnellen und flexiblen Anpassung der Wirkleistung 5 einer Dampfturbinen-Kraftwerksanlage 1 gezeigt. Es versteht sich, dass die Kraftwerksanlage 1 weitere nicht dargestellte Anlagenapparate und -komponenten aufweisen kann, die zur Verwirklichung des Dampfkraftprozesses erforderlich sind.

Anhand Fig. 3 wird nachfolgend ein konventionell betriebener Dampfkraftprozess erläutert. Die Dampfkraftanlage 1 weist eine Dampfturbine 2 mit wenigstens einem Hochdruckteil 12 und wenigstens einem Mittel- und Niederdruckteil 13 auf. Eine Speisewasservorwärmstrecke 3 der Kraftwerksanlage 1 weist wenigstens einen Niederdruckvorwärmer 14, einen Speisewasserbehälter 15, eine Pumpe 16 und wenigstens einen Hochdruckvorwärmer 17 auf. Zur weiteren Speisewasservorwärmung dient ein Economizer 18. Nach der Vorwärmung wird Speisewasser 19 in einem Verdampfer 20 verdampft und in einem Überhitzer 21 in an sich üblicher Weise über die Verdampfungstemperatur hinaus erhitzt. Überhitzter Dampf 22 wird dann zunächst im Hochdruckteil 12 der Dampfturbine 2 entspannt und anschließend in einem Zwischenüberhitzer 23 wieder erwärmt. Der Dampf 22 wird dann in dem Mittel- und Niederdruckteil 13 der Dampfturbine 2 vollständig entspannt und in dem Kondensator 24 kondensiert. Das bei der Kondensation gebildete Speisewasser 19 gelangt über den Niederdruckvorwärmer 14 in den Speisewasserbehälter 15. Mit der Pumpe 16 wird das Speisewasser 19 aus dem Speisewasserbehälter 15 über den Hochdruckvorwärmer 17 dem Economizer 18 zugeführt.

Bei dem konventionell betriebenen Dampfkraftprozess erfolgt die Beheizung des Hochdruckvorwärmers 17 und des Niederdruckvorwärmers 14 durch Entnahme von Anzapfdampf 25, 26 aus dem Hochdruckteil 12 und dem Mittel- und Niederdruckteil 13 der Dampfturbine 2. Durch die Dampfentnahme kommt es zu einer Leistungsverringerung der Dampfturbine 2. Um die von der Kraftwerksanlage 1 erzeugte Wirkleistung 5 zu erhöhen, ist aus dem Stand der Technik das Kondensatstauverfahren bekannt. Hierbei wird der Kondensatmassenstrom durch den Nie-

derdruckvorwärmer 14 reduziert. In der Folge kann der Anzapfdampfmassenstrom des Niederdruckvorwärmers 14 entsprechend reduziert werden, so dass mehr Dampf 22 in der Dampfturbine 2 verbleibt und dadurch mehr elektrische Leistung von der Dampfturbine 2 erzeugt wird. Die durch den Kondensatstau zur Verfügung
5 stellbare Mehrleistung ist durch Speichervolumina für den Kondensatmassenstrom und die maximale Dampferzeugerleistung begrenzt. Darüber hinaus ist aus dem Stand der Technik zur Erhöhung der Wirkleistung 5 bekannt, die Anzapfdampf-
mengen zu dem Hochdruckvorwärmer 17 zu drosseln, wobei es jedoch zu hohen thermischen Belastungen des Hochdruckvorwärmers 17 kommt. Im übrigen muss
10 die Kesselfeuerung entsprechend überdimensioniert werden, da der Dampferzeuger 20 in diesem Fall kälteres Speisewasser 19 erhält.

Um die Möglichkeit zu schaffen, kurzfristig, schnell und temporär eine Leistungsanpassung der Kraftwerksanlage 1 zu erreichen, insbesondere bedarfsabhängig po-
15 sitive und/oder negative Netzregelleistung bereitzustellen, ist bei der in Fig. 3 gezeigten Kraftwerksanlage 1 abweichend von dem oben beschriebenen konventionell betriebenen Dampfkraftprozess die bedarfsweise Wärmeeinkopplung aus einem elektrisch beladbaren thermischen Speicher 6 vorgesehen. Der Speicher 6 kann nach Aufbau und Funktionsweise dem anhand der Fign. 1 und 2 beschriebenen thermischen Speicher 6 entsprechen. Über einen Bypass kann Speisewasser 19 unter Umgehung des Niederdruckvorwärmers 14 zum Speicher 6 geführt und durch Wärmeübertragung von dem im Speicher 6 erhitzten Heißluftstrom 8 vorge-
20 wärmt werden. Über einen weiteren Bypass kann Speisewasser 19 nach der Pumpe 16 unter Umgehung des Hochdruckvorwärmers 17 zum Speicher geführt und dort weiter erwärmt werden. Anschließend gelangt das erwärmte Speisewasser 19 dann in den Economizer 18. Hierbei lässt es das gezeigte Anlagenkonzept zu, einen Teilmassenstrom 27 des Speisewassers 19 an dem Niederdruckvorwärmer 14 vorbei über den thermischen Speicher 6 zu führen, dabei zu erwärmen und anschließend zum Speisewasserbehälter 15 zu führen, wobei der verbleibende Teil-
25 massenstrom 28 des Speisewassers 19 über den Niederdruckvorwärmer 14 geführt und dabei erwärmt wird. In Abhängigkeit von der Speicherkapazität kann auch der gesamte Speisewasserstrom über den Speicher 6 geführt und durch Wärmeübertragung vom Heißluftstrom 8 erwärmt werden. Das Gleiche kann für den Hochdruckbereich der Speisewasservorwärmstrecke 3 gelten. Es kann ein Teil-
30 massenstrom 29 des Speisewassers 19 nach der Pumpe 16 an dem Hochdruckvorwärmer 17 vorbei über den Speicher 6 zum Economizer 18 geführt werden, wobei der verbleibende Teilmassenstrom 30 über den Hochdruckvorwärmer 17 geführt und dabei erwärmt wird. In Abhängigkeit von der Speicherkapazität kann auch

der gesamte Speisewasserstrom nach der Pumpe 16 über den Speicher 6 geführt und dabei erwärmt werden. Da ansonsten große Speicherkapazitäten erforderlich sind, ist vorzugsweise vorgesehen, dass lediglich die Teilmassenströme 27, 29 des Speisewassers 19 über den Speicher 6 geführt und dabei erwärmt werden.

5

Zumindest ein Teil der von der Dampfturbine 2 erzeugten elektrischen Leistung kann zur Beladung des Speichers 6 genutzt werden, so dass die Wirkleistung 5 der Kraftwerksanlage 1 verringert wird. Auch eine Beladung mit elektrischer Leistung aus einem Stromnetz ist möglich. Mit dem in Fig. 3 gezeigten Anlagenkonzept lassen sich eine schnelle und flexible Änderung der Wirkleistung 5 der Kraftwerksanlage 1 erreichen und eine hohe Verfügbarkeit von Regelreserven gewährleisten, so dass ein sehr wirtschaftlicher Betrieb der Kraftwerksanlage erreicht werden kann.

10

15

Die Reaktionszeit für eine Steigerung oder Verringerung der Wirkleistung 5 der Kraftwerksanlage 1 kann im Bereich von 5 bis 20 Sekunden liegen. Die maximale Entladedauer des Speichers 6 ist abhängig von der Wärmespeicherkapazität des Speichers 6 und kann mehrere Stunden betragen.

20

Fig. 4 zeigt schematisch die Verbesserung der Anlagendynamik von Dampfturbinenkraftwerksanlagen durch Verwendung elektrisch beladbarer thermischer Speicher zur Speisewasservorwärmung. Aus Fig. 4 ergibt sich der Leistungsverlauf 31 der elektrischen Nettoleistung P_{netto} (Wirkleistung) einer konventionell betriebenen Kraftwerksanlage und der Leistungsverlauf 32 der elektrischen Nettoleistung P_{netto} (Wirkleistung) einer modifizierten Kraftwerksanlage in Abhängigkeit von unterschiedlichen Maßnahmen zur Verbesserung der Anlagendynamik, wobei bei der modifizierten Kraftwerksanlage als Maßnahme zur Verbesserung der Anlagendynamik die Beladung und die Entladung wenigstens eines elektrisch beladbaren Speichers wie oben beschrieben vorgesehen ist. Die konventionelle Kraftwerksanlage kann dagegen an sich aus dem Stand der Technik bekannte Maßnahmen zur Verbesserung der Anlagendynamik, insbesondere Kondensatstau, vorsehen.

25

30

35

Dargestellt ist der Betrieb der Kraftwerksanlagen bei Lastzuständen zwischen der Nennfeuerungsleistung einer Kraftwerksfeuerung bzw. der Nennlast und der Mindestlast. Bei Nennlast wird von der konventionell betriebenen Kraftwerksanlage eine Wirkleistung P_1 ins Stromnetz eingespeist, die der Nennleistung der Kraftwerksanlage entspricht. Ist eine Leistungsverringerung erforderlich, lässt sich die Wirkleistung P_1 beispielsweise durch Reduzierung des Kondensatmassenstroms

und Verringerung der Feuerungsrate des Dampferzeugers über die Zeitdauer t_1 auf die Wirkleistung P_2 absenken, die der Leistung der konventionellen Kraftwerksanlage bei Mindestlast entspricht. Eine weitere Reduzierung der Wirkleistung der konventionellen Kraftwerksanlage ist nur durch Abschalten der Kraftwerksanlage
5 möglich, wobei die Wirkleistung der Kraftwerksanlage von der Wirkleistung P_2 im Mindestlastbetrieb über einen Zeitraum t_2 auf Null abgesenkt werden kann.

Eine Leistungsverringerung der modifizierten Kraftwerksanlage lässt sich durch elektrische Beladung des thermischen Speichers über eine Zeitdauer t_3 erreichen,
10 wobei die Wirkleistung P_1 allein durch die zur Beladung des Speichers eingesetzte Strommenge auf eine verringerte Wirkleistung P_3 absinkt. Wie sich aus Fig. 4 weiter ergibt, führt die Verringerung der Wirkleistung durch Beladung des Speichers bei der modifizierten Kraftwerksanlage zu einer deutlich schnelleren Leistungsreduzierung im Vergleich zu der konventionell betriebenen Kraftwerksanlage. Eine
15 weitere Verringerung der Wirkleistung ist dann durch Verringerung der Feuerungsleistung des Dampferzeugers über einen Zeitraum t_4 möglich, bis die Wirkleistung P_2 bei Mindestlastbetrieb erreicht ist.

Darüber hinaus kann der thermische Speicher auch bei einem Mindestlastbetrieb
20 zumindest anteilig mit von der Kraftwerksanlage erzeugter elektrischer Energie beladen werden, so dass die Wirkleistung der modifizierten Kraftwerksanlage durch die Bestromung des Speichers von der Wirkleistung P_2 über einen Zeitraum t_5 weiter auf Null reduziert werden kann. Es wird dann bei fortgesetztem Mindestlastbetrieb die gesamte von der modifizierten Kraftwerksanlage erzeugte elektrische
25 Energie zur Beladung des Speichers eingesetzt und kein Strom in das Stromnetz eingespeist, was einer Wirkleistung von Null entspricht. Die Beladung des Speichers mit der gesamten von der Kraftwerksanlage erzeugten elektrischen Energie kann in Abhängigkeit von der Speicherkapazität über einen Zeitraum t_6 oder auch länger beibehalten werden, wobei der Zeitraum t_6 vorzugsweise mehrere Stunden
30 betragen kann.

Wie sich aus dem mittleren Bereich des in Fig. 4 dargestellten Leistungsverlaufs
32 der modifizierten Kraftwerksanlage ergibt, kann bedarfsabhängig die Beladung des thermischen Speichers gestoppt und damit die Wirkleistung der modifizierten
35 Kraftwerksanlage von Null wieder auf die Wirkleistung P_2 gesteigert werden, und zwar über einen vergleichsweise kurzen Zeitraum t_7 . Die Kraftwerksanlage kann nun beispielsweise über den Zeitraum t_8 weiter bei Mindestlast betrieben werden und hierbei die Wirkleistung P_2 ins Stromnetz einspeisen. Die Wirkleistung lässt

sich durch Veränderung der Beladungsleistung des thermischen Speichers in einfacher Weise schnell an den momentanen Bedarf an Netzregelleistung anpassen. Hierbei lassen sich vorzugsweise Null bis 100 % der Kraftwerksleistung bei Mindestlastbetrieb für die Beladung des thermischen Speichers einsetzen, so dass eine bedarfsorientierte Anpassung der Wirkleistung über einen großen Leistungsbe-
5 reich möglich ist.

Wie sich zudem aus Fig. 4 ergibt, kann die maximale Beladeleistung des thermischen Speichers auch größer als die Kraftwerksleistung bei Mindestlastbetrieb sein, so dass der thermische Speicher insbesondere zur Bereitstellung zusätzlicher
10 Netzregelleistung mit elektrischer Energie aus dem Stromverbundnetz beladen werden kann. Während des Mindestlastbetriebs der modifizierten Kraftwerksanlage kann damit mehr negative Regelleistung angeboten werden, was in Fig. 4 durch negative Werte für den Leistungsverlauf 32 der modifizierten Kraftwerksanlage
15 schematisch gezeigt ist.

Darüber hinaus kann auch nach Abschaltung der modifizierten Kraftwerksanlage die elektrische Beladung des thermischen Speichers mit Strom aus dem Stromverbundnetz fortgesetzt werden, so dass weiterhin negative Regelleistung angeboten
20 werden kann.

Fig. 5 zeigt schematisch die Möglichkeit zur Leistungsanpassung der elektrischen Nettogleistung P_{netto} (Wirkleistung) bei einer konventionell betriebenen Dampfturbinen-Kraftwerksanlage durch Kondensatstau (Leistungsverlauf 33) und bei einer
25 modifizierten Dampfturbinen-Kraftwerksanlage durch Kopplung mit einem elektrisch beladbaren thermischen Speicher (Leistungsverlauf 34).

Bei Nennlastbetrieb der konventionell betriebenen Kraftwerksanlage ist durch das Kondensatstauverfahren eine Erhöhung der Wirkleistung von der Nennleistung P_1 auf die Leistung P_1' für eine vergleichsweise kurze Zeitdauer t_9 möglich, wobei die
30 Zeitdauer t_9 bei üblicher Kraftwerksauslegung den Bereich von wenigen Minuten nicht überschreitet. Die Leistungserhöhung kann ca. 10 % der Nennleistung P_1 betragen. Eine entsprechende Leistungsverringerung von der Nennleistung P_1 auf die reduzierte Leistung P_1'' ist möglich durch andere schnell wirkende Maßnahmen zur
35 Bereitstellung von Leistungsänderungen, wie z.B. die Drosselung der Hochdruck-Turbinenregelventile. Um über längere Zeit eine positive Regelreserve bereitzustellen, müssen konventionelle Kraftwerksanlagen üblicherweise unterhalb der Nenn-

feuerungsleistung betrieben werden, beispielsweise bei der reduzierten Leistung P1".

Die mit den bei konventionell betriebenen Kraftwerksanlagen vorgesehenen Maßnahmen zur Verbesserung der Anlagendynamik erreichbaren positiven und negativen Regelreserven sind in Fig. 5 schematisch durch die Pfeile 35, 36 gekennzeichnet.

Die modifizierte Kraftwerksanlage kann aufgrund der Wärmeeinkopplung aus einem elektrisch beladbaren thermischen Speicher in die Speisewasservorwärmstrecke über einen deutlich längeren Zeitraum t_{10} , der mehrere Stunden umfassen kann, bei einer Wirkleistung $P1'$ oberhalb der im Nennlastbetrieb erreichbaren Wirkleistung $P1$ betrieben werden. Die Leistungserhöhung durch Einkoppeln von Wärme aus dem thermischen Speicher kann dem Leistungsanstieg durch Kondensatstau bei konventionellen Kraftwerksanlagen entsprechen oder auch darüber liegen. In der gleichen Größenordnung kann sich die Wirkleistung $P1$ der Kraftwerksanlage durch Beladung des thermischen Speichers mit im Kraftwerksprozess erzeugter elektrischer Energie verringern lassen. Dies ist in Fig. 5 durch die Pfeile 37, 38 schematisch gezeigt. Im Ergebnis kann der Arbeitspunkt der modifizierten Kraftwerksanlage gegenüber dem Arbeitspunkt konventionell betriebener Kraftwerksanlagen erhöht werden, wobei dasselbe Regelleistungsband angeboten werden kann.

Alternativ ist es möglich, ein breiteres Regelleistungsband anzubieten, wenn der Arbeitspunkt der modifizierten Kraftwerksanlage entsprechend auf den Arbeitspunkt der konventionell betriebenen Kraftwerksanlage abgesenkt wird. Diese Möglichkeit ist in Fig. 5 schematisch durch die Pfeile 39, 40 wiedergegeben.

Bezugszeichenliste:

	1	Kraftwerksanlage		21	Überhitzer
	2	Dampfturbine		22	Dampf
5	3	Speisewasservorwärmstrecke	25	23	Zwischenerhitzer
	4	Wasser-Dampf-Arbeitskreislauf		24	Kondensator
	5	Wirkleistung		25	Anzapfdampf
	6	Speicher		26	Anzapfdampf
	7	Leistung		27	Teilmassenstrom
10	8	Luftstrom	30	28	Teilmassenstrom
	9	Verdichter		29	Teilmassenstrom
	10	Expander		30	Teilmassenstrom
	11	Leistung		31	Leistungsverlauf
	12	Hochdruckteil		32	Leistungsverlauf
15	13	Mittel- und Niederdruckteil	35	33	Leistungsverlauf
	14	Niederdruckvorwärmer		34	Leistungsverlauf
	15	Speisewasserbehälter		35	Leistungszunahme
	16	Pumpe		36	Leistungsabnahme
	17	Hochdruckvorwärmer		37	Leistungszunahme
20	18	Economizer	40	38	Leistungsabnahme
	19	Speisewasser		39	Leistungszunahme
	20	Verdampfer		40	Leistungsabnahme

Patentansprüche:

1. Verfahren zur schnellen und flexiblen Anpassung der Leistung einer Dampfturbinen-Kraftwerksanlage (1), vorzugsweise zur Leistungsanpassung an veränderte
5 Netzlasten, weiter vorzugsweise zur bedarfsabhängigen Bereitstellung von Netzregelleistung, besonders bevorzugt zur Bereitstellung von Primär- und/oder Sekundärregelleistung, wobei eine Wärmeeinkopplung von bei der Entladung von wenigstens einem elektrisch beladbaren thermischen Speicher (6) freigesetzter Wärme in eine Speisewasservorwärmstrecke (3) der Kraftwerksanlage (1) vorgesehen wird.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Wärmeeinkopplung aus dem Speicher (6) eine zur Speisewasservorwärmung vorgesehene Dampfanzapfung einer Dampfturbine (2) der Kraftwerksanlage (1) verringert oder gestoppt wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Speisewasser für die Wärmeeinkopplung in einer Bypassführung unter Umgehung wenigstens eines mit Anzapfdampf (25, 26) der Dampfturbine (2) beheizbaren Speisewasservorwärmers (14, 17) der Speisewasservorwärmstrecke (3) zum Speicher
20 (6) geführt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Entladung des Speichers (6) freigesetzte thermische Energie vorrangig in einen Hochdruckbereich der Speisewasservorwärmstrecke (3) eingekoppelt wird.
25
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Speicher (6) bedarfsabhängig mit von der Kraftwerksanlage (1) erzeugter elektrischer Energie beladen wird.
30
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Speicher (6) bedarfsabhängig mit elektrischer Energie aus einem Stromnetz, insbesondere einem Verbundstromnetz, beladen wird.
- 35 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftwerksanlage (1) bei Nennlast oder im Bereich zwischen Nennlast und Mindestlast betrieben wird und dass der Speicher (6) zur Bereitstellung positi-

ver Regelleistung zumindest teilweise entladen und zur Bereitstellung negativer Regelleistung zumindest teilweise beladen wird.

5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Speicher (6) bei Mindestlastbetrieb der Kraftwerksanlage (1) zur Bereitstellung negativer Regelleistung zumindest anteilig mit von der Kraftwerksanlage (1) erzeugter elektrischer Energie beladen wird.

10 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Nettoleistung der Kraftwerksanlage (1) bei Mindestlastbetrieb der Kraftwerksanlage (1) durch Veränderung der Beladungsleistung des Speichers (6) an den Bedarf an Netzregelleistung angepasst wird.

15 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beladungsleistung des Speichers (6) zumindest der Kraftwerksleistung (1) bei Mindestlastbetrieb entspricht.

20 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beladungsleistung des Speichers (6) größer als die Kraftwerksleistung (1) bei Mindestlastbetrieb ist und dass der Speicher (6) bei einem Mindestlastbetrieb der Kraftwerksanlage (1), insbesondere zur Bereitstellung zusätzlicher negativer Regelleistung, mit elektrischer Energie aus einem Stromnetz, insbesondere einem Verbundstromnetz, beladen wird.

25 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Speicher (6) nach einem Abschalten der Kraftwerksanlage (1) mit elektrischer Energie aus einem Stromnetz, insbesondere einem Verbundstromnetz, beladen wird.

30 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass thermische Energie bei der Entladung des Speichers (6) an einen verdichteten Luftstrom (8) übertragen wird und dass der verdichtete Luftstrom (8) zur Bereitstellung zusätzlicher Regelleistung vor der nachfolgenden Wärmeeinkopplung in die Speisewasservorwärmstrecke entspannt wird.

35 14. Dampfturbinen-Kraftwerksanlage (1) mit wenigstens einer Dampfturbine (2), insbesondere ausgebildet zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, und mit wenigstens einem elektrisch beladbaren thermi-

schen Speicher (6), wobei bei der Entladung des Speichers (6) freigesetzte Wärme in eine Speisewasservorwärmstrecke (3) der Kraftwerksanlage (1) zur Beheizung des Speisewassers einkoppelbar ist.

- 5 15. Kraftwerksanlage nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Speisewasservorwärmstrecke (3) wenigstens einen mit Anzapfdampf der Dampfturbine (2) beheizbaren Speisewasservorwärmer (14, 17) aufweist und dass eine zumindest teilweise speisewasserseitige Bypassführung des Speisewassers (19) an dem Speisewasservorwärmer (14, 17) vorbei über den Speicher (6) vorgesehen ist.

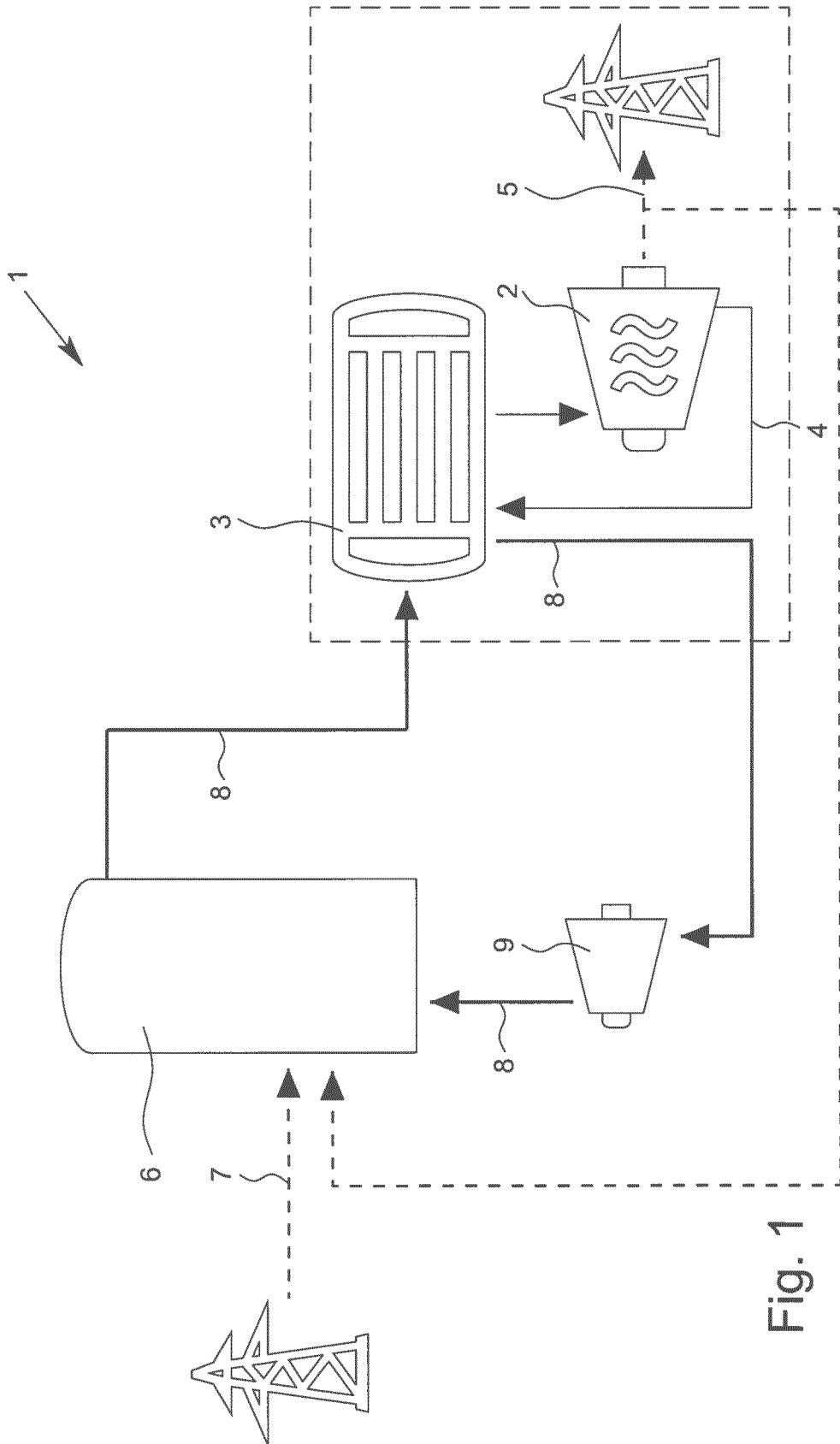


Fig. 1

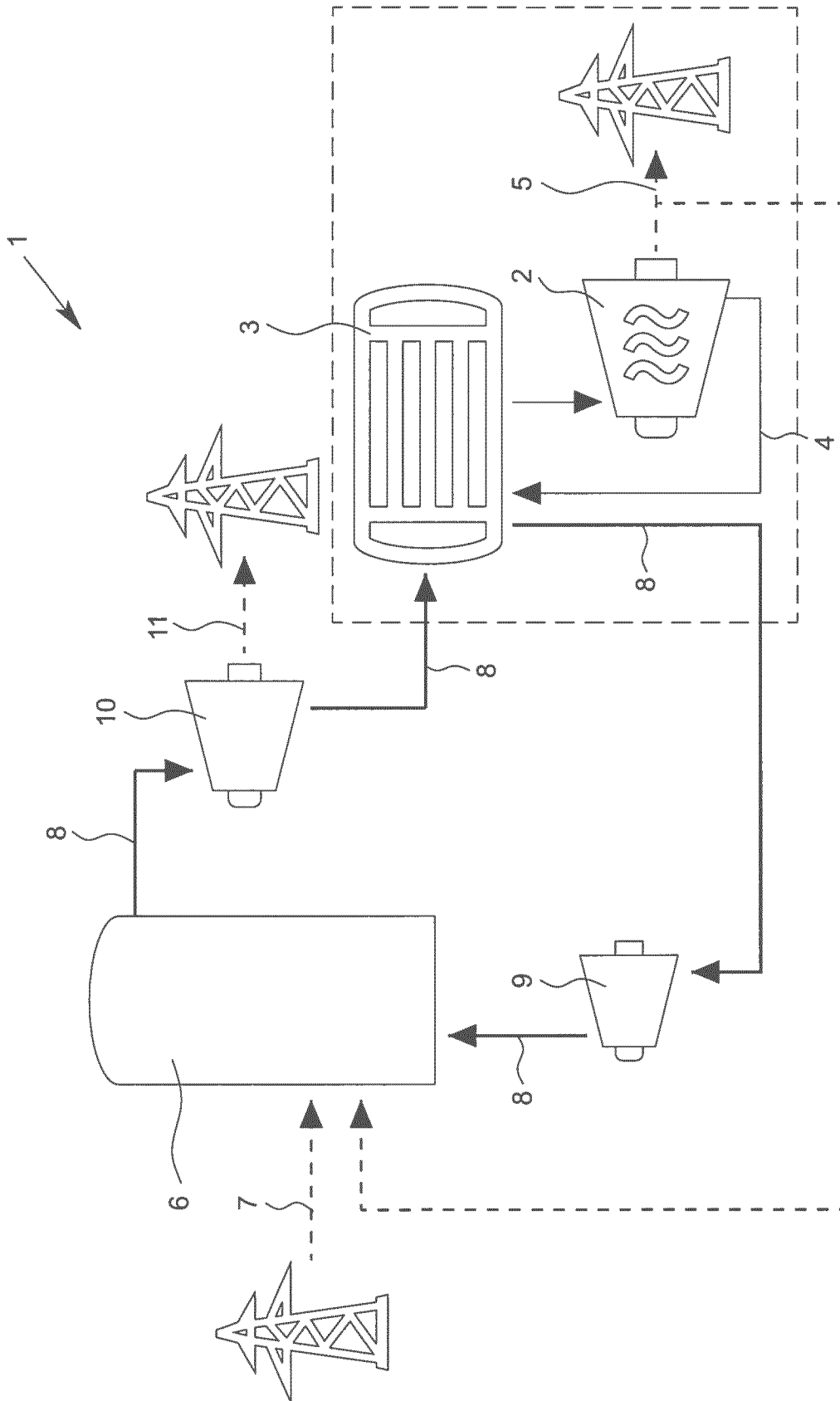


Fig. 2

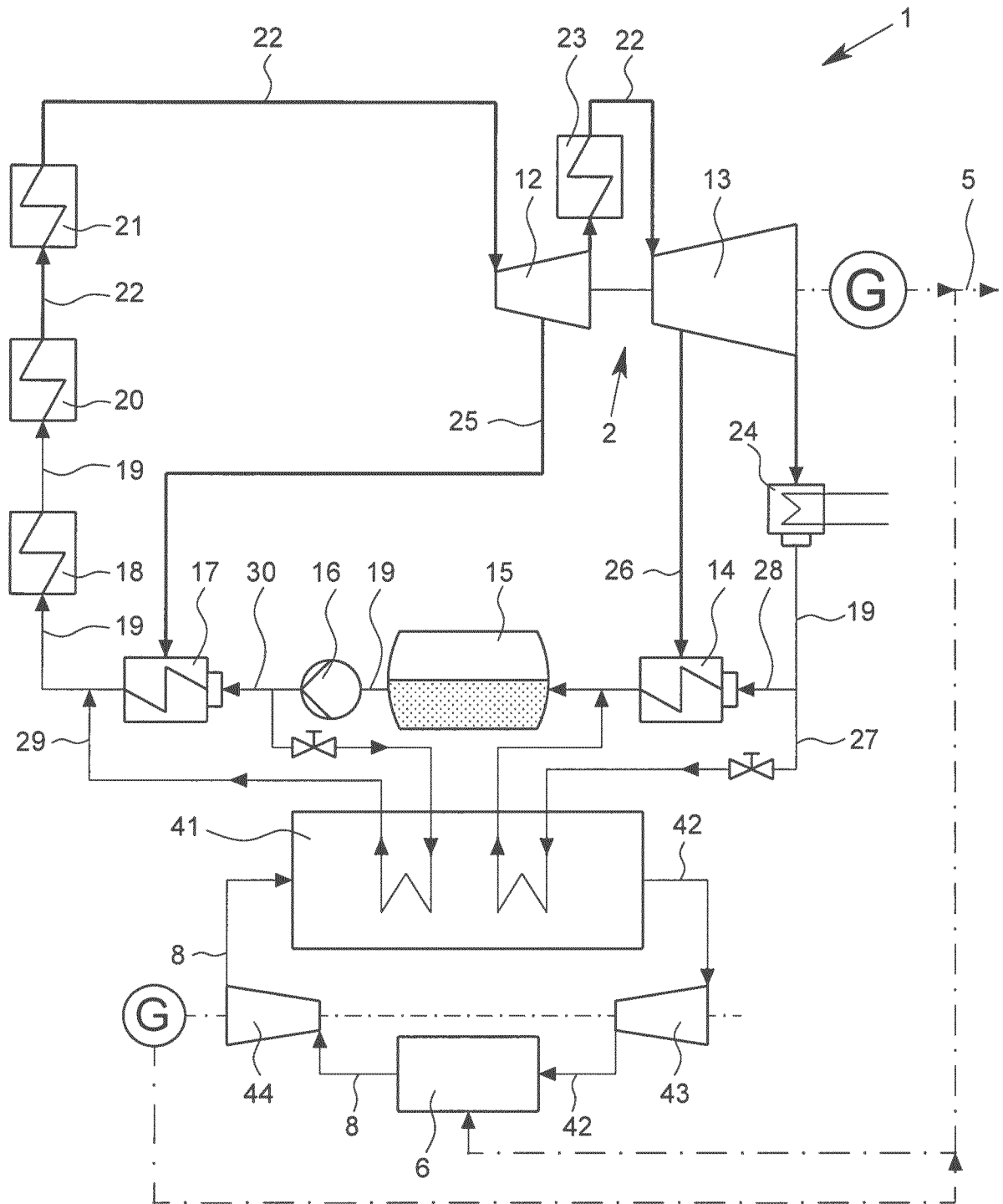


Fig. 4

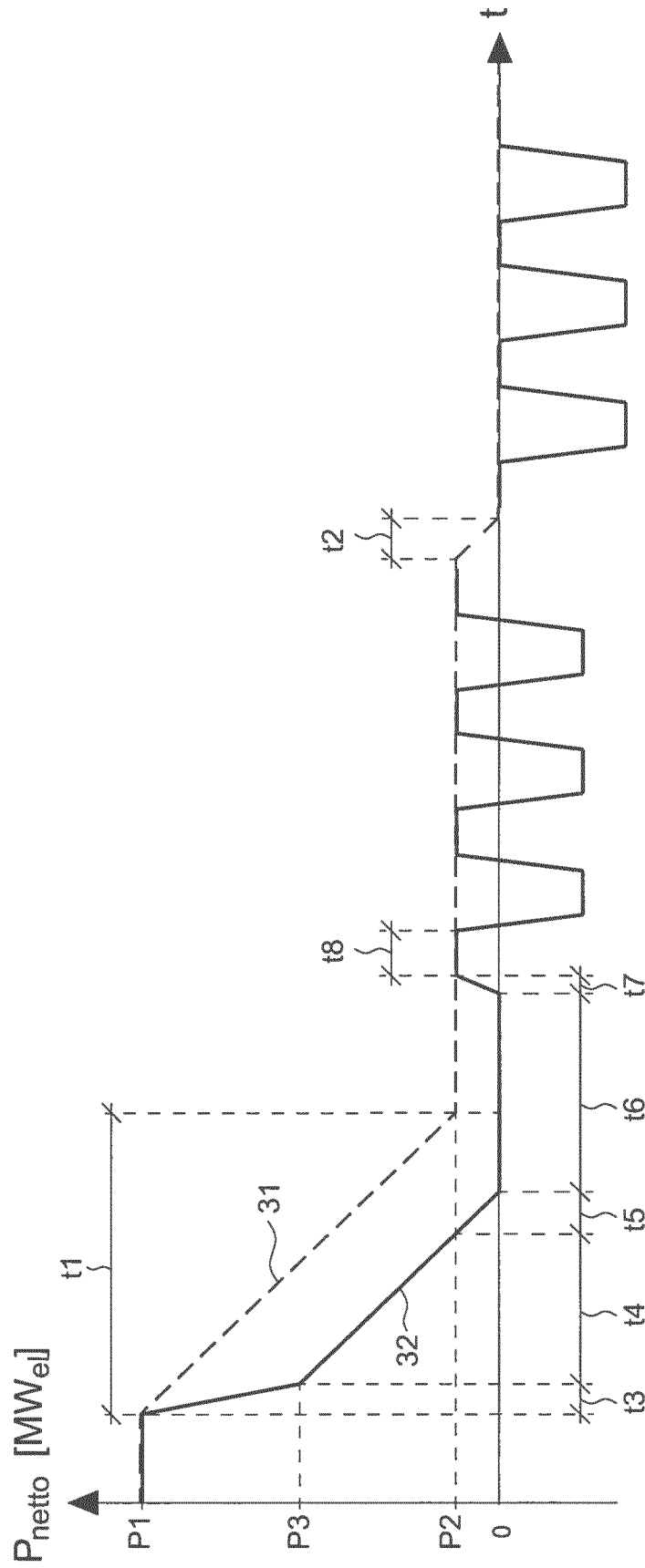


Fig. 5

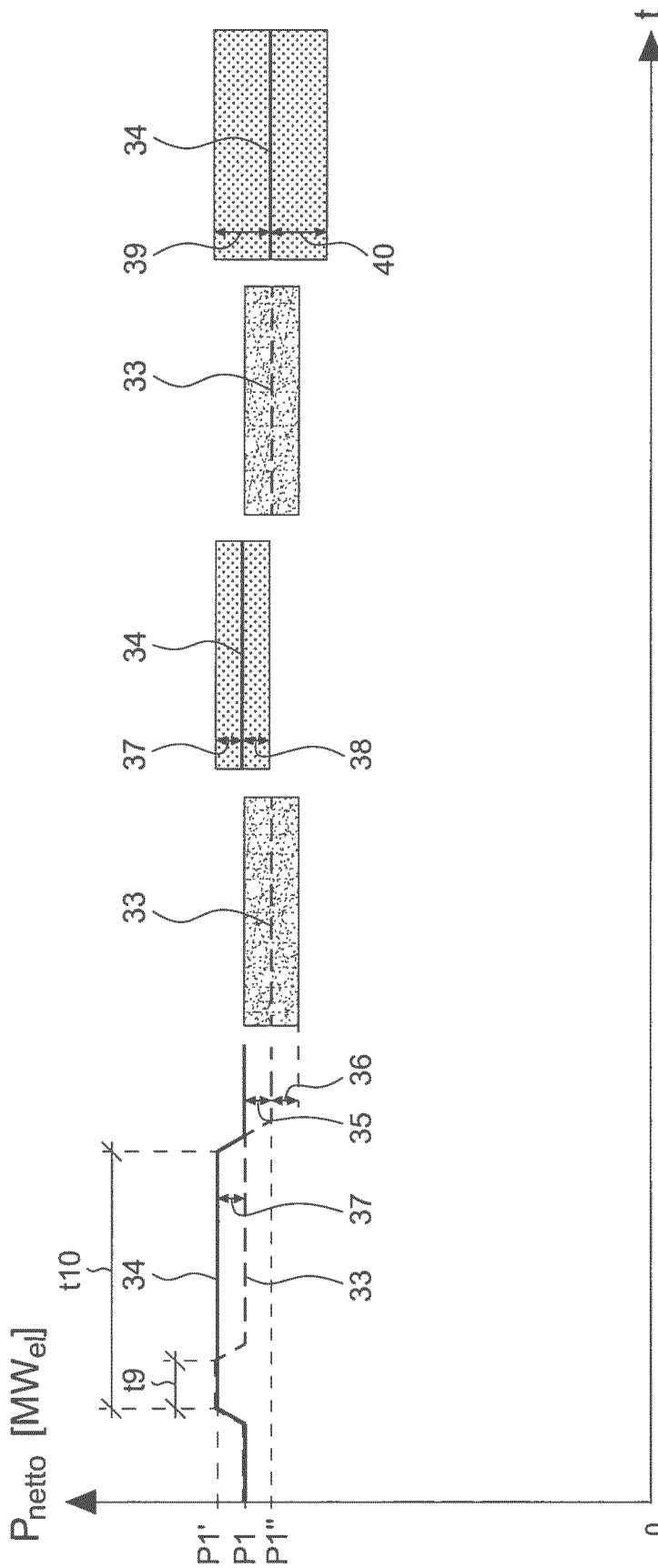


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/025177

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01K13/02
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F01K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 101 051 A1 (SIEMENS AG [DE]) 16 September 2009 (2009-09-16) paragraph [0028] - paragraph [0047]; claim 8; figures abstract	1-15
X	DE 10 2011 100517 A1 (STEAG NEW EN GMBH [DE]) 8 November 2012 (2012-11-08) paragraph [0010] claims; figures abstract	1-15
X	WO 2013/135718 A1 (SIEMENS AG [DE]) 19 September 2013 (2013-09-19) page 13, line 8 - page 1, last line; claims; figures abstract	1-15
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Date of the actual completion of the international search 16 November 2017	Date of mailing of the international search report 28/11/2017
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Zerf, Georges
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/025177

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2014 017346 A1 (CARBON CLEAN TECHNOLOGIES GMBH [DE]) 21 April 2016 (2016-04-21) paragraph [0027] - paragraph [0049]; claims; figures abstract -----	1-15
A	DE 10 2014 201406 B3 (DREWAG STADTWERKE DRESDEN GMBH [DE]; ENSO EN SACHSEN OST AG [DE]) 24 December 2014 (2014-12-24) paragraph [0059] - paragraph [0062]; claims; figures abstract -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2017/025177

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2101051	A1	16-09-2009	
		CN 101970832 A	09-02-2011
		DK 2250356 T3	27-05-2013
		EP 2101051 A1	16-09-2009
		EP 2250356 A1	17-11-2010
		ES 2401849 T3	25-04-2013
		RU 2010141759 A	20-04-2012
		US 2011083443 A1	14-04-2011
		WO 2009112421 A1	17-09-2009
DE 102011100517	A1	08-11-2012	
		DE 102011100517 A1	08-11-2012
		EP 2705224 A2	12-03-2014
		US 2014090378 A1	03-04-2014
		WO 2012150008 A2	08-11-2012
WO 2013135718	A1	19-09-2013	
		AU 2013231355 A1	25-09-2014
		CA 2867201 A1	19-09-2013
		DE 102012204081 A1	19-09-2013
		EP 2812542 A1	17-12-2014
		US 2015027122 A1	29-01-2015
		WO 2013135718 A1	19-09-2013
DE 102014017346	A1	21-04-2016	
		CA 2964850 A1	21-04-2016
		DE 102014017346 A1	21-04-2016
		EP 3207225 A1	23-08-2017
		US 2017241296 A1	24-08-2017
		WO 2016058701 A1	21-04-2016
DE 102014201406	B3	24-12-2014	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F01K13/02 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTER GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F01K		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 101 051 A1 (SIEMENS AG [DE]) 16. September 2009 (2009-09-16) Absatz [0028] - Absatz [0047]; Anspruch 8; Abbildungen Zusammenfassung	1-15
X	DE 10 2011 100517 A1 (STEAG NEW EN GMBH [DE]) 8. November 2012 (2012-11-08) Absatz [0010] Ansprüche; Abbildungen Zusammenfassung	1-15
X	WO 2013/135718 A1 (SIEMENS AG [DE]) 19. September 2013 (2013-09-19) Seite 13, Zeile 8 - Seite 1, letzter Zeile; Ansprüche; Abbildungen Zusammenfassung	1-15
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
16. November 2017		28/11/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Zerf, Georges

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2014 017346 A1 (CARBON CLEAN TECHNOLOGIES GMBH [DE]) 21. April 2016 (2016-04-21) Absatz [0027] - Absatz [0049]; Ansprüche; Abbildungen Zusammenfassung -----	1-15
A	DE 10 2014 201406 B3 (DREWAG STADTWERKE DRESDEN GMBH [DE]; ENSO EN SACHSEN OST AG [DE]) 24. Dezember 2014 (2014-12-24) Absatz [0059] - Absatz [0062]; Ansprüche; Abbildungen Zusammenfassung -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/025177

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2101051	A1	16-09-2009	CN 101970832 A 09-02-2011
			DK 2250356 T3 27-05-2013
			EP 2101051 A1 16-09-2009
			EP 2250356 A1 17-11-2010
			ES 2401849 T3 25-04-2013
			RU 2010141759 A 20-04-2012
			US 2011083443 A1 14-04-2011
			WO 2009112421 A1 17-09-2009

DE 102011100517	A1	08-11-2012	DE 102011100517 A1 08-11-2012
			EP 2705224 A2 12-03-2014
			US 2014090378 A1 03-04-2014
			WO 2012150008 A2 08-11-2012

WO 2013135718	A1	19-09-2013	AU 2013231355 A1 25-09-2014
			CA 2867201 A1 19-09-2013
			DE 102012204081 A1 19-09-2013
			EP 2812542 A1 17-12-2014
			US 2015027122 A1 29-01-2015
			WO 2013135718 A1 19-09-2013

DE 102014017346	A1	21-04-2016	CA 2964850 A1 21-04-2016
			DE 102014017346 A1 21-04-2016
			EP 3207225 A1 23-08-2017
			US 2017241296 A1 24-08-2017
			WO 2016058701 A1 21-04-2016

DE 102014201406	B3	24-12-2014	KEINE
