



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **701 822 B1**

(51) Int. Cl.: **F02C 7/224 (2006.01)**

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

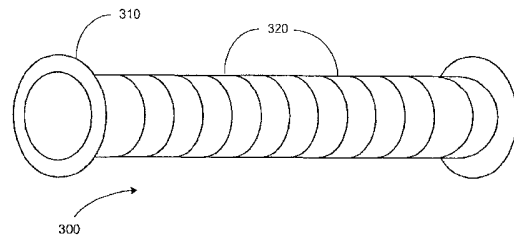
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTCHRIFT**

(21) Anmeldenummer:	01422/10	(73) Inhaber:	General Electric Company, 1 River Road Schenectady, New York 12345 (US)
(22) Anmeldedatum:	02.09.2010	(72) Erfinder:	Hua Zhang, Greenville, South Carolina 29615 (US) Dean Erickson, Simpsonville, South Carolina 29681 (US) David Wesley Jr. Ball, Easley, South Carolina 29642 (US)
(43) Anmeldung veröffentlicht:	15.03.2011	(74) Vertreter:	R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4 8008 Zürich (CH)
(30) Priorität:	09.09.2009 US 12/556,153		
(24) Patent erteilt:	28.08.2015		
(45) Patentschrift veröffentlicht:	28.08.2015		

(54) **Elektrischer Anlauferhitzer für ein Brennstoffgas, Gasturbinenkraftwerk mit einem elektrischen Anlauferhitzer und Verfahren zum Betrieb eines Gasturbinenkraftwerks.**

(57) In einem Gasturbinenkraftwerk wird Brennstoffgas einer Druckreduktion und Gasexpansion unterworfen, bevor es einer Gasturbine zugeführt wird. Es können sich Kondensationen bilden, die die Turbine beschädigen können, dass sich das Brennstoffgas abkühlt, wenn das Brennstoffgas die Druckreduktion und Expansion erfährt. Ein elektrischer Anlauferhitzer (300) wird verwendet, um das Brennstoffgas zu überhitzen, um die Bildung von Kondensationen im Wesentlichen zu verhindern. Der elektrische Anlauferhitzer (300) enthält Bandheizeinrichtungen (320), die eine Brennstoffgasleitung (310) von aussen umhüllen, um das Brennstoffgas im Inneren von aussen zu erwärmen. Im Vergleich zu herkömmlichen Erhitzern (130), die eine Überhitzung durch interne Heizelemente erzielen, reduziert der elektrische Anlauferhitzer (300) Kosten und ergibt eine erhöhte Sicherheit, Flexibilität, Betriebseffizienz und Fähigkeit zur Anpassung an variierende Brennstoffgaseigenschaften.



Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft einen elektrischen Anlaufferhitzer für ein Brennstoffgas für ein Gasturbinenkraftwerk, ein Gasturbinenkraftwerk mit einem elektrischen Anlaufferhitzer und Verfahren zur Überhitzung von Brennstoffgas vor der Zuführung des Brennstoffgases zu einer Gasturbine.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Gasförmiger Brennstoff wird für Kraftwerke häufig eingesetzt. Fig. 1 veranschaulicht eine vereinfachte Ansicht einer Gasturbinenkraftwerksanlage 100. Die Anlage 100 enthält ein Koaleszenzfilter 110, einen Hochleistungserhitzer 120, einen Anlaufferhitzer 130, einen Gaswäscher 140 und verschiedene Ventile, zu denen ein ASV (Auxilliary Stop Valve, Hilfsabsperrventil) 150, SRV (Speed Ratio Valve, Übersetzungsventil) 160 und ein GCV (Gas Control Valve, Gassteuerventil) 170 gehören, sowie eine Gasturbine 180.

[0003] Aus betriebsbedingten und sicherheitsrelevanten Gründen sollte ein Brennstoff, der zu der Gasturbine geliefert wird, frei von Flüssigkeiten, wie beispielsweise Feuchtigkeit aus Wasser und flüssigen Kohlenwasserstoffen, sein. Eine Flüssigkeit ist unerwünscht, weil sie sich mit Kohlenwasserstoffen, wie beispielsweise Methan, verbinden kann, um feste Hydrate zu bilden, die die Turbine beschädigen können. Flüssige Kohlenwasserstoffe stellen ein besonderes Problem dar, weil sie zu unerwünschten Situationen, wie beispielsweise einer unkontrollierten Wärmezufuhr, einer Gasturbinenüberdrehzahl, Selbstzündung, einem Flammenrückschlag und Widerzündungen sowie anderen, führen kann.

[0004] Das zu dem Kraftwerk gelieferte Brennstoffgas wird normalerweise unter Druck gesetzt und einer Druckreduktion und Expansion unterzogen, während das Brennstoffgas durch die Ventile 150, 160, 170 strömt, bevor es der Turbine 80 zugeführt wird. In Folge dieser Druckreduktion und Gasexpansion kommt es zu einer Gasabkühlung, die auch als der Joule-Thomson-Effekt bezeichnet wird. Wenn eine deutliche Abkühlung auftritt, kann eine Kondensation von Wasser und flüssigem Kohlenwasserstoff entstehen und die Gefahren bieten, wie sie vorstehend beschrieben sind.

[0005] Um eine Entstehung von Kondensation zu vermeiden, wird das Brennstoffgas stromaufwärts von den Ventilen 150, 160, 170 überhitzt. Dies bedeutet, dass das Brennstoffgas hinreichend über die Feuchtigkeits- und Kohlenwasserstofftaupunkte hinaus erhitzt wird. Durch Überhitzung des Brennstoffgases an einer stromaufwärtigen Stelle wird eine Kondensation an einer stromabwärtigen Stelle verhindert, wenn das Brennstoffgas entspannt und expandiert, wenn das Gas durch die Ventile 150, 160, 170 strömt. Dies stellt sicher, dass lediglich der Brennstoff in gasförmigem Zustand dem Einlass der Gasturbine 180 zugeführt wird.

[0006] Wie in Fig. 1 veranschaulicht, werden gewöhnlich zwei Arten von Heizeinrichtungen – der Hochleistungserhitzer 120 und der Anlaufferhitzer 130 – dazu verwendet, das Brennstoffgas zu überhitzen. Während eines normalen Betriebs verwendet der Hochleistungserhitzer 120 heisses Wasser als Wärmequelle, um das Brennstoffgas zu überhitzen. Das heisse Wasser wird von einem (in Fig. 1 nicht veranschaulichten) Abhitzedampferzeuger (HSRG) geliefert, der wiederum das heisse Abgas von der Gasturbine 180 nutzt, um das Wasser zu erwärmen.

[0007] Wenn sich die Gasturbine 180 im Anlaufbetrieb befindet, steht heisses Wasser von dem HSRG noch nicht zur Verfügung. Bis die Gasturbine 180 ihren normalen Betrieb erreicht, sorgt der Anlaufferhitzer 130 für die erforderliche Erhitzung. Gewöhnlich werden elektrische Heizeinrichtungen aufgrund ihrer relativen Einfachheit und Zweckdienlichkeit eingesetzt. Eine Ansicht von aussen auf einen herkömmlichen elektrischen Anlaufferhitzer ist in Fig. 2 veranschaulicht. Der herkömmliche Anlaufferhitzer kann sehr gross sein, selbst bei einer Anlage, die eine bescheidene Menge an Leistung erzeugt. Um ein Beispiel anzugeben, kann der Rahmen für den herkömmlichen Anlaufferhitzer sogar so gross sein wie 4.57 m (Länge) x 2.44 m (Breite) x 3.66 m (Höhe) (15 Fuss (Länge) x 8 Fuss (Breite) x 12 Fuss (Höhe) für ein Gasturbinenkraftwerk mit einer Erzeugungskapazität von 0,28 Megawatt.

[0008] In dem herkömmlichen elektrischen Anlaufferhitzer sind die aktiven Heizelemente im Inneren der (nicht veranschaulichten) Rohrleitung montiert, in der das Brennstoffgas strömt. Dies ermöglicht es, dass eine starke Wärmeübertragung stattfindet, so dass die Brennstoffgastemperatur schnell angehoben werden kann.

[0009] Es versteht sich, dass der herkömmliche elektrische Anlaufferhitzer zu sicherheitsrelevanten Problemen neigt, was darauf zurückzuführen ist, dass die Heizelemente in direktem Kontakt mit dem Brennstoffgas stehen. Weil die Heizelemente in dem Pfad der Brennstoffgasströmung angeordnet sind, tragen die Heizelemente selbst zu einem unerwünschten Druckabfall bei. Aufgrund der internen Anordnung der Heizelemente gestalten sich Instandhaltung und Aufrüstung schwierig, die Ventile, Dichtungen und andere Einrichtungen erfordern, so dass die die Heizelemente enthaltenden Rohre für die Instandhaltungs- und Aufrüstungsmassnahmen getrennt werden können. In betrieblicher Hinsicht kann es erforderlich sein, dass das Brennstoffgas strömt, während die Heizelemente eingeschaltet sind, um die Gefahr eines Heizelementausfalls zu reduzieren. Ausserdem ist der herkömmliche elektrische Anlaufferhitzer sehr kostspielig – ein System kann über \$ 265 000 kosten.

[0010] Die Aufgabe, die der vorliegenden Erfindung zu Grunde liegt, besteht daher darin, ein System(e) und/oder Verfahren zur Überhitzung des Brennstoffgases während eines Systemanlaufs, das/die die mit herkömmlichen elektrischen Anlaufferhitzern verbundenen Nachteile verringert/verringern, wenn nicht sogar beseitigt/beseitigen, bereitzustellen.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0011] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird durch einen elektrischen Anlauferhitzer für ein Gasturbinenkraftwerk gemäss Anspruch 1, durch ein Gasturbinenkraftwerk gemäss Anspruch 5 und durch ein Verfahren zum Betreiben eines Gasturbinenkraftwerks gemäss Anspruch 13 gelöst.

[0012] Die Erfindung wird nun in grösseren Einzelheiten in Verbindung mit den Zeichnungen beschrieben, wie sie nachstehend angegeben sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0013]

- Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild eines herkömmlichen Gasturbinenkraftwerks;
- Fig. 2 zeigt eine Ansicht eines herkömmlichen Anlauferhitzers;
- Fig. 3A zeigt eine Perspektivansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines elektrischen Anlauferhitzers;
- Fig. 3B, 3C und 3D zeigen beispielhafte Querschnittsansichten des elektrischen Anlauferhitzers;
- Fig. 4 zeigt ein Blockschaltbild einer beispielhaften Ausführungsform eines Gasturbinenkraftwerks; und
- Fig. 5 und 6 zeigen Flussdiagramme beispielhafter Verfahren zum Betreiben eines Gasturbinenkraftwerks.

Detaillierte Beschreibung der Erfindungen

[0014] Wie vorstehend erläutert, wird das Brennstoffgas überhitzt, um eine Entstehung von Kondensationen zu vermeiden, wenn das Brennstoffgas beim Durchgang durch die Ventile expandiert, bevor es der Gasturbine zugeführt wird. Wenn das Kraftwerk sich in der Anlaufbetriebsphase befindet, sorgt der Anlauferhitzer für die notwendige Überhitzung. Eine Überhitzung des Brennstoffgases auf etwa 28 °C oberhalb des Feuchtigkeitstaupunkts oder des Kohlenwasserstofftaupunkts (50 °F oberhalb des Feuchtigkeitstaupunkts oder des Kohlenwasserstofftaupunkts) (welcher auch immer höher ist) ist gewöhnlich ausreichend. Einige Gasturbinen haben keine Toleranz in Bezug auf das Vorliegen einer Kondensation. Somit kann die Überhitzung als eine Anhebung der Brennstoffgastemperatur, um die Entstehung von Kondensationen im Wesentlichen zu verhindern, angesehen werden. Natürlich ist eine vollständige oder nahezu vollständige Verhinderung höchst erwünscht.

[0015] Eine oder mehrere Ausführungsformen des elektrischen Anlauferhitzers verwenden ein neues Heizkonzept. In dieser/diesen Ausführungsformen (en) sind aktive Heizelemente ausserhalb der Brennstoffgasströmung angeordnet, und es wird Wärme von der Aussenseite nach innen übertragen. Die Heizelemente können relativ einfache, hochleistungsfähige elektrische Heizbänder oder Bandheizeinrichtungen sein, die rings um eine Rohrleitung, durch die das Brennstoffgas strömt, diese umhüllend gelegt werden.

[0016] Für eine Effizienz der Wärmeübertragung stehen die Bandheizeinrichtungen vorzugsweise in Kontakt mit der Aussenfläche der Rohrleitung. Die Bandheizeinrichtungen können aus Heizelementen ausgebildet sein, die zwischen einem Material eingefügt sind, das elektrisch isolierend und thermisch leitfähig ist. Dies hat zur Folge, dass die Bandheizeinrichtungen eine kleine Masse haben, was bedeutet, dass sich die Bandheizeinrichtungen selbst schnell, beispielsweise in weniger als zwei Minuten für die Bandheizeinrichtungen und die Rohrleitung erwärmen können. Dies wiederum ermöglicht dem Heizabschnitt der Rohrleitung, schnell die Zieltemperatur zu erreichen.

[0017] Der Heizabschnitt kann gegebenenfalls nur eine geringfügig grössere Rohrleitungslänge (etwa 5.49 m oder 18 Fuss) im Vergleich zu dem herkömmlichen Erhitzer, der in etwa 4.57 m oder 15 Fuss lang ist, erfordern. Die Standflächenanforderung ist nicht viel grösser als bei dem herkömmlichen elektrischen Anlauferhitzer. In der Tat ist die Standfläche eigentlich wahrscheinlich deutlich kleiner, falls ein höherer Wärmestrom in Betracht gezogen wird. Ein sehr wesentlicher Vorteil von einem oder mehreren beispielhaften elektrischen Anlauferhitzern gemäss der Erfindung liegt darin, dass der Erhitzer nahtlos in eine bereits vorhandene Rohrleitung integriert werden kann, weil er keine zusätzliche Weite für die Brennstoffgasleitungen erfordert. Ferner können vorhandene Steuerungen verwendet werden, um die Ausführungsform(en) des elektrischen Anlauferhitzers zu steuern.

[0018] Fig. 3A–3D veranschaulichen eine beispielhafte Ausführungsform eines elektrischen Anlauferhitzers 300. Wie in Fig. 3A veranschaulicht, enthält der elektrische Anlauferhitzer 300 ein Brennstoffgasrohr bzw. eine Brennstoffgasleitung 310, durch das bzw. die das Brennstoffgas strömt. An der Aussenseite der Brennstoffgasleitung 310 sind eine oder mehrere elektrische Bandheizeinrichtungen 320 umgewickelt bzw. umgelegt. Die Bandheizeinrichtungen 320 stehen vorzugsweise in engem Kontakt mit der Brennstoffgasleitung, um die Wärmeübertragung zu maximieren.

[0019] Fig. 3B, 3C und 3D veranschaulichen beispielhafte Querschnittsansichten des Innenraums der Brennstoffgasleitung 310. Wie veranschaulicht, kann die Leitung 310 mit einer oder mehreren Rippen oder Lamellen 330 versehen sein,

um eine Wärmeübertragung von den Bandheizeinrichtungen 320 auf das Brennstoffgas weiter zu fördern. Wie zu ersehen, ragen die Lamellen 330 von der Innenwand der Gasleitung 310 vor. Vorzugsweise sind die Lamellen 330 so dünn wie möglich geschaffen, um eine Störung der Brennstoffströmung zu minimieren. Um die Oberfläche für den Wärmetransfer zu erhöhen, können die Lamellen sich in einer Längsrichtung (bei den Fig. 3B, 3C und 3D in die Seite hinein) entlang wenigstens eines Abschnitts der Längserstreckung der Leitung 310 erstrecken.

[0020] Die Lamellen 330 können auf vielfältige Weise geformt sein, um den Oberflächenbereich zu erhöhen. Zum Beispiel sind die Lamellen 330 in Fig. 3C zickzackförmig gestaltet. Die Anzahl von Lamellen 330 ist nicht auf irgendeine bestimmte Anzahl beschränkt. Ferner müssen die Lamellen nicht notwendigerweise stets unmittelbar in Richtung auf die Mitte der Leitung 310 ausgerichtet sein – d.h., die Lamellen 330 können, wie in Fig. 3D veranschaulicht, unter einem Winkel ausgerichtet sein. Die spezielle Orientierung der Vorkragung und die Gestalt der Lamellen können auf der Basis verschiedener Konstruktionsbetrachtungen und -anforderungen, wie beispielsweise einer Grösse des Oberflächenbereichs, die zur Erzielung der Wärmeübertragung benötigt wird, bestimmt werden. Die Lamellen 330 können gemeinsam mit der Rohrleitung 310 integral hergestellt sein, oder sie können unter Berücksichtigung von Faktoren, wie beispielsweise Wärmeübertragungseigenschaften, Beständigkeit gegen Verformung, Kosten, etc., aus anderen Materialien ausgebildet sein.

[0021] Die Lamellen 330 können insofern vorteilhaft sein, als die erforderliche Zieltemperatur der Brennstoffleitung 310 reduziert werden kann. Zum Beispiel kann es für eine Brennstoffgasleitung 310 mit einer Länge von 6.10 m (20 Fuss), um mit einer Durchflussrate von 4.09 kg/Sek. (9 Pfund/Sek.) strömendes Brennstoffgas zu überhitzen, erforderlich sein, die Temperatur der Leitung 310 ohne die Lamellen 330 auf nahezu 260 °C (500 °F) anzuheben, um eine ausreichende Wärmeübertragung zu erzielen. Mit den Lamellen 330 kann die Zieltemperatur der Leitung 310 auf 204 °C (400 °F) erniedrigt und dennoch eine hinreichende Wärmeübertragung erzielt werden. In anderen Worten kann die Leitung 310 mit den Lamellen 330 die Zieltemperatur eher erreichen, und der Betrieb kann aufgrund der geringeren Rohrleitungstemperatur sicherer sein.

[0022] Obwohl dies nicht veranschaulicht ist, wird in Erwägung gezogen, dass zusätzlich zu den externen Bandheizeinrichtungen aktive Heizelemente auch intern, im Inneren der Brennstoffgasleitung 310 vorgesehen sein können. Gemeinsam können die Bandheizeinrichtung 320 und die internen Heizelemente die Brennstoffgastemperatur schnell anheben.

[0023] Jedoch wird es mehr bevorzugt, dass die Brennstoffgasleitung 310 frei von internen Heizelementen ist. Wie vorstehend erwähnt, können die internen Heizelemente zu einem deutlichen Druckabfall beitragen, weil sie normalerweise nicht wie die Lamellen 330 gestaltet werden können. Ferner gestaltet sich die Wartung der internen Elemente aufgrund der internen Anordnung schwierig. Ferner würden Ventile, Dichtungen und Spanneinrichtungen erforderlich sein, um die Gasleitung 310 zu trennen, um eine Wartungsmassnahme zu ermöglichen.

[0024] Gasleitungen, die frei von aktiven internen Heizelementen sind, würden weniger kompliziert, leichter instand zu halten, weniger kostspielig sein und weniger Raum erfordern. Ausserdem würden keine Ventile, Dichtungen oder Spannvorrichtungen erforderlich sein, weil keine Notwendigkeit bestehen würde, auf die internen Heizelemente zuzugreifen. Eine Wartung der Bandheizeinrichtungen 320 gestaltet sich vergleichsweise einfach, weil sie extern, an der Aussenseite angeordnet und somit ohne weiteres zugänglich sind.

[0025] Die Konfiguration des beispielhaften elektrischen Anlaufferhitzers 300 hat wichtige Vorteile. Ein wesentliches Beispiel ist, wie vorstehend erwähnt, dass der Erhitzer nahtlos in eine bereits vorhandene Rohrleitung integriert werden kann, weil er keine zusätzliche Weite für die Brennstoffgasleitungen erfordert. Somit kann eine vorhandene Leitung nachgerüstet werden, um als Anlaufferhitzer zu dienen, indem die elektrischen Bandheizeinrichtungen rings um die vorhandene Leitung gelegt bzw. gewunden werden. Weil die Bandheizeinrichtungen kompakt sind, können auch Leitungen mit Krümmungen und/oder Biegungen (nicht veranschaulicht) konfiguriert werden, um als Anlaufferhitzer zu dienen. Dies stellt bei beengten Platzverhältnissen eine deutliche Flexibilität bei der Anordnung des Anlaufferhitzers dar.

[0026] Der beispielhafte elektrische Anlaufferhitzer kann einen Teil eines Gasturbinenkraftwerks 400 bilden, wie es in Fig. 4 veranschaulicht ist. In der Figur enthält das Kraftwerk 400 ein Koaleszenzfilter 410, einen Hochleistungserhitzer 420, einen Anlaufferhitzer 430, einen Gaswäscher 440, ein ASV 450, ein SRV 460, ein GCV 470 und eine Gasturbine 480. Die Ventile 450, 460, 470 können gemeinsam in einem Gasbrennstoffmodul 475 untergebracht und eingerichtet sein, um die Zufuhr des Brennstoffgases von der Gasversorgung zu der Turbine 480 zu steuern. Das Gasbrennstoffmodul ist stromaufwärts von der Gasturbine 480 und stromabwärts von der Brennstoffgasversorgung angeordnet.

[0027] Der elektrische Anlaufferhitzer 430 ist stromabwärts von der Brennstoffgasversorgung und stromaufwärts von dem Gasbrennstoffmodul 475 angeordnet. Im Sinne einer Betriebseffizienz ist es erwünscht, den Anlaufferhitzer 430 möglichst nahe an der Gasturbine 480 zu positionieren. In Fig. 4 ist der Anlaufferhitzer 430 unmittelbar stromaufwärts von dem Gasbrennstoffmodul 475 angeordnet.

[0028] Die Gasturbine 480 und das Gasbrennstoffmodul 475 sind häufig in einer Gebäudestruktur, wie beispielsweise einem Kraftwerksgebäude 485 in Fig. 4, angeordnet. Um dem Anlaufferhitzer 430 zu ermöglichen, möglichst nahe an der Gasturbine 480 positioniert zu sein, ist es auch erwünscht, den Anlaufferhitzer 430 innerhalb desselben Kraftwerksgebäudes 485 mit anzuordnen. Eine gemeinsame Anordnung des herkömmlichen elektrischen Anlaufferhitzers in derselben Gebäudestruktur wie die Gasturbine wäre schwierig und/oder nicht ratsam. Die beträchtliche Grösse des herkömmlichen Erhitzers macht eine gemeinsame Unterbringung problematisch. Was vielleicht noch wichtiger ist, benötigt der herkömmliche

Anlauferhitzer, wie vorstehend beschrieben, Ventile, Dichtungen und andere Halteeinrichtungen. Ventile, Dichtungen oder Halteeinrichtungen sind Quellen für mögliche Brennstoffleckagen, die sicherheitsrelevante Probleme darstellen, wenn der herkömmliche Erhitzer gemeinsam untergebracht wird. Der beispielhafte Anlauferhitzer 430 benötigt jedoch keine Ventile, Dichtungen und Haltevorrichtungen, was die Brennstoffleckageprobleme deutlich verringert. Dies wiederum ermöglicht dem Anlauferhitzer 430, gemeinsam in dem gleichen Kraftwerksgebäude 485 mit untergebracht und somit nahe an der Gasturbine 480 angeordnet zu sein.

[0029] In Fig. 4 kann der Hochleistungserhitzer 420, der stromabwärts von der Gasversorgung und stromaufwärts von dem Anlauferhitzer 430 angeordnet ist, dazu verwendet werden, ganz wie bei der herkömmlichen Kraftwerksanlage, wie sie in Fig. 1 veranschaulicht ist, das Brennstoffgas während eines normalen Betriebs zu überhitzen.

[0030] Jedoch kann der Hochleistungserhitzer 420 unter bestimmten Umständen nicht in der Lage sein, eine hinreichende Überhitzung zu erzielen. Zum Beispiel kann es erforderlich sein, dass die Gasturbine 480 mit unterschiedlichen Arten von Brennstoffgasen, wie beispielsweise Erdgas und synthetischen Gasen, arbeiten muss. Selbst beim Erdgas ist es allgemein bekannt, dass Erdgas nicht homogen ist, d.h., das Gas ist zeitlich oder geographisch nicht gleichwertig. Es kann deutliche Schwankungen hinsichtlich der Zusammensetzung (z.B. Anteil von Methan, Ethan, Propan, etc.) und hinsichtlich der Eigenschaften des dem Kraftwerk zugeführten Erdgases geben. Diese Schwankungen bedeuten, dass die Taupunkte des Brennstoffgases ebenfalls variieren können. Somit kann es in Abhängigkeit von den Eigenschaften des zu dem Kraftwerk 400 zugeführten Brennstoffgases vorkommen, dass der Hochleistungserhitzer 420 keine hinreichende Überhitzung schaffen kann (oder es nicht wirtschaftlich ist, diese zu schaffen). Als ein weiteres Beispiel kann der Hochleistungserhitzer 420 funktionsfähig, aber nicht mit voller Kapazität funktionsfähig sein, wie beispielsweise, wenn ein Teil des Hochleistungserhitzers 420 für Wartungs- oder Reparaturzwecke abgeschaltet wird.

[0031] Somit wird in einem nicht beschränkenden Aspekt der elektrische Anlauferhitzer 430 dazu verwendet, eine Erhitzung während eines normalen Betriebs zu ergänzen, d.h., eine zusätzliche Heizung während des normalen Betriebs zu erzielen, um sicherzustellen, dass das Brennstoffgas hinreichend überhitzt wird, bevor es der Gasturbine 480 zugeführt wird. Obwohl dies nicht veranschaulicht ist, enthält der elektrische Anlauferhitzer 430 eine Steuereinrichtung, die den Betrieb des Anlauferhitzers 430 steuert.

[0032] Der Anlauferhitzer 430 kann auch dazu verwendet werden, auf der Basis von Umgebungs- und/oder Brennstoffgaseigenschaften zur Optimierung des Kraftwerkbetriebs einen feinen Grad an zusätzlicher Heizung zu liefern. Zum Beispiel können Sensoren dazu verwendet werden, die durch den Hochleistungserhitzer 420 zugeführte Wärmemenge, die Durchflussrate des Brennstoffgases, die Brennstoffgaseigenschaften und dergleichen zu überwachen, und die Steuereinrichtung kann die zusätzliche Wärme auf der Basis des Überwachungsergebnisses fein steuern. Eine derart feine Abstimmung der Brennstofftemperatur kann in einen Steuer- oder Regelkreis integriert werden, um Emissionen von NO_x und CO zu verringern, um gesetzliche Auflagen zu erfüllen.

[0033] Fig. 5 veranschaulicht ein beispielhaftes nicht beschränkendes Verfahren 500 zum Betreiben einer Gasturbinenkraftwerksanlage, wie beispielsweise des in Fig. 4 veranschaulichten Kraftwerks. In Schritt 510 bestimmt der elektrische Anlauferhitzer (z.B. die Steuerung des Anlauferhitzers), ob sich das Kraftwerk in dem Anlaufbetriebsmodus befindet. Falls dies der Fall ist, überhitzt der Anlauferhitzer das Brennstoffgas in Schritt 520, und das Gasbrennstoffmodul steuert die Zufuhr des überhitzten Brennstoffgases zu der Gasturbine in Schritt 530.

[0034] Falls der Anlauferhitzer feststellt, dass das Kraftwerk nicht in dem Anlaufmodus arbeitet (d.h. das Kraftwerk arbeitet im normalen Betriebsmodus), bestimmt der Anlauferhitzer anschliessend in Schritt 540, ob die Überhitzung von dem Hochleistungserhitzer ausreicht. Wenn er feststellt, dass die Überhitzung nicht ausreichend ist, sorgt der Anlauferhitzer für eine zusätzliche Heizung in Schritt 550, um ein hinreichendes Überhitzen sicherzustellen. Das Verfahren geht anschliessend zum Schritt 530 über, nachdem das Brennstoffgas hinreichend überhitzt worden ist (entweder nach Schritt 540 oder nach Schritt 550). Der Betrieb fährt fort, bis in Schritt 560 festgestellt wird, dass die Anlage abgeschaltet werden soll.

[0035] Es ist zu beachten, dass die Unterscheidung, ob das Kraftwerk sich in dem Anlauf- oder dem normalen Betriebsmodus befindet oder nicht, ein Zweckmässigkeitsmechanismus ist und aus der Perspektive des Anlauferhitzers nicht unbedingt erforderlich ist. Aus dieser Perspektive ist es nur erforderlich, dass dem Gasbrennstoffmodul hinreichend überhitztes Brennstoffgas zugeführt wird.

[0036] Dies ist in Fig. 6 gezeigt, die ein weiteres beispielhaftes nicht beschränkendes Verfahren 600 zum Betreiben der Kraftwerksanlage veranschaulicht. In Schritt 610 bestimmt der Anlauferhitzer, ob das durch die Brennstoffgasleitung strömende Brennstoffgas hinreichend überhitzt ist. Falls dies nicht der Fall ist, gibt er hinreichend Überhitzungswärme in Schritt 620 zu. Eine unzureichende Überhitzung kann beispielsweise auftreten, wenn der Hochleistungserhitzer gar nicht arbeitet, nicht mit voller Kapazität arbeitet oder das Brennstoffgas selbst mehr Wärme benötigt, als durch den Hochleistungserhitzer selbst mit voller Kapazität geliefert werden kann. Das Gasbrennstoffmodul steuert die Zufuhr des überhitzten Brennstoffgases zu der Gasturbine in Schritt 630 (entweder nach Schritt 610 oder nach Schritt 620). Der Überhitzungsbetrieb fährt fort, bis in Schritt 640 festgestellt ist, dass die Anlage abzuschalten ist.

[0037] Es ist somit zu verstehen, dass der beispielhafte elektrische Anlauferhitzer und das Gasturbinenkraftwerk, das den Anlauferhitzer enthält, viele Vorteile bieten. Eine nicht ausschliessliche Liste derartiger Vorteile enthält: reduzierter Aufwand, Möglichkeit, eine existierende Rohrleitung nachzurüsten, den Anlauferhitzer näher an der Gasturbine anzuord-

nen, den Anlauferhitzer und die Gasturbine gemeinsam in der gleichen Gebäudestruktur anzuordnen, leichtere Instandhaltung und Aufrüstung, relative Einfachheit (z.B. keine Ventile und Haltevorrichtungen erforderlich), reduzierter Raumbedarf und reduzierter Druckabfall sowie erhöhte Sicherheit (z.B. befinden sich die Heizelemente nicht in dem direkten Pfad der Brennstoffströmung).

[0038] Der erfindungsgemässe Anlauferhitzer kann in vielen Brennstoffsystemen eingesetzt werden, in denen eine Erwärmung, nicht nur eine Überhitzung, des Brennstoffgases von Vorteil sein würde.

[0039] In einem Gasturbinenkraftwerk 400 wird Brennstoffgas einer Druckreduktion und Gasexpansion unterworfen, bevor es einer Gasturbine 480 zugeführt wird. Es können sich Kondensationen bilden, die die Turbine 480 beschädigen können, da sich das Brennstoffgas abkühlt, wenn das Brennstoffgas die Druckreduktion und Expansion erfährt. Ein elektrischer Anlauferhitzer 300, 430 wird verwendet, um das Brennstoffgas zu überhitzen, um die Bildung von Kondensationen im Wesentlichen zu verhindern. Der elektrische Anlauferhitzer 300, 430 enthält Bandheizeinrichtungen 320, die eine Brennstoffgasleitung 310 von aussen umhüllen, um das Brennstoffgas im Inneren von aussen zu erwärmen. Im Vergleich zu herkömmlichen Erhitzern 130, die eine Überhitzung durch interne Heizelemente erzielen, reduziert der elektrische Anlauferhitzer 300, 430 Kosten und ergibt eine erhöhte Sicherheit, Flexibilität, Betriebseffizienz und Fähigkeit zur Anpassung an variierende Brennstoffgaseigenschaften.

Bezugszeichenliste

[0040]

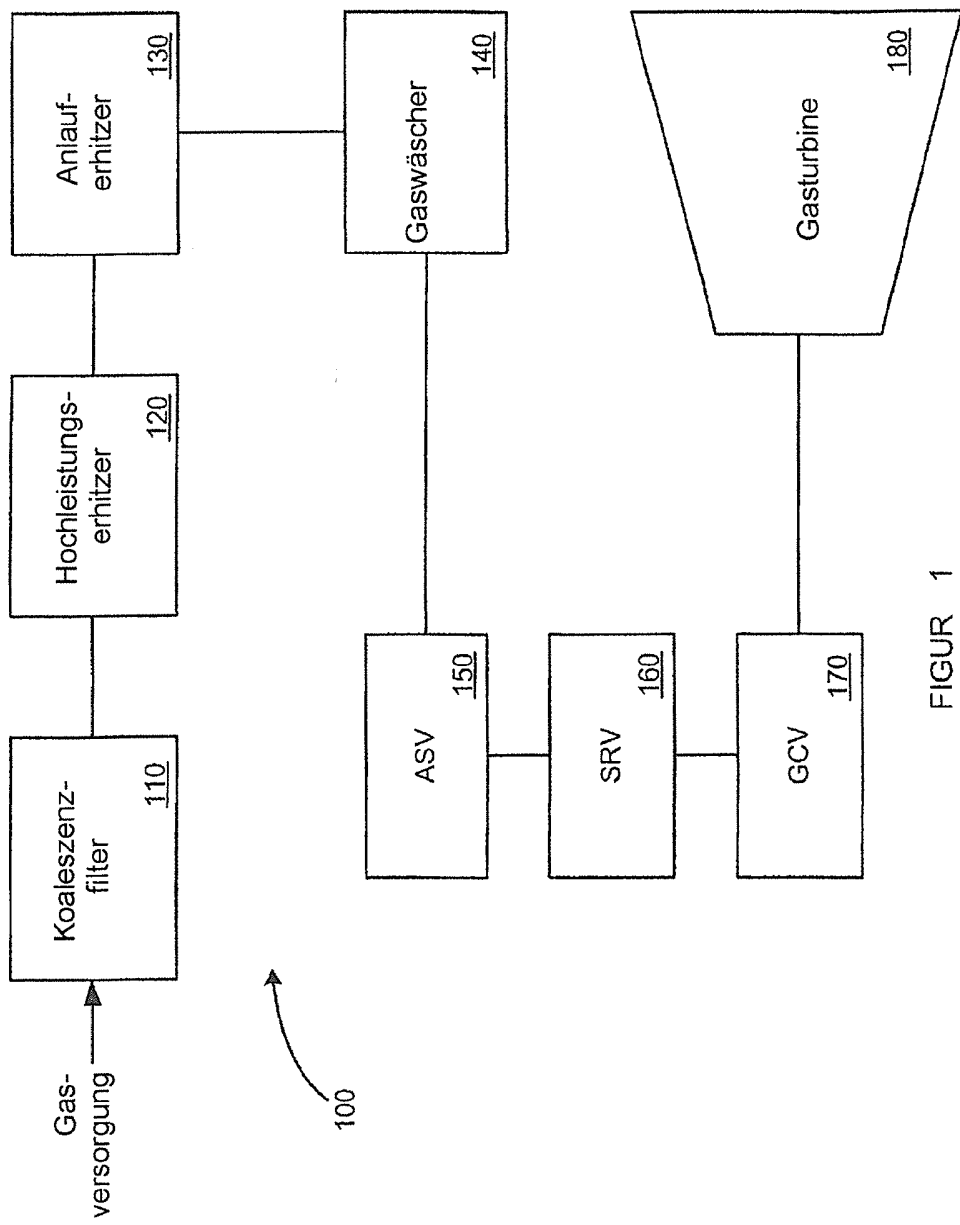
Gasturbinenkraftwerk	100, 400
Koaleszenzfilter	110, 410
Hochleistungserhitzer	120, 420
Anlauferhitzer	130, 300, 430
Gaswäscher	140, 440
Hilfsabsperrentil	150, 450
Geschwindigkeitsverhältnisventil	160, 460
Gassteuerungsventil	170, 470
Gasturbine	180, 480
Elektrische Bandheizeinrichtungen	320
Lamellen	330
Gasbrennstoffmodul	475
Kraftwerksgebäude	485

Patentansprüche

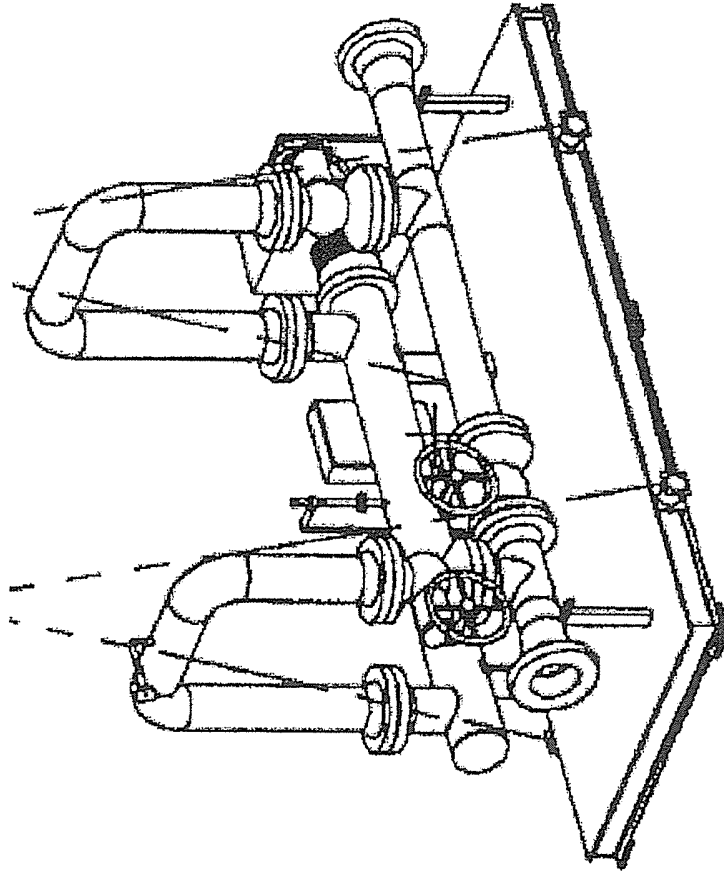
1. Elektrischer Anlauferhitzer (300, 430), der aufweist:
eine Brennstoffgasleitung (310), die eingerichtet ist, um Brennstoffgas zu ermöglichen, durch diese hindurchzuströmen; und
eine oder mehrere elektrische Bandheizeinrichtungen (320), die extern in Bezug auf die Brennstoffgasleitung (310) um diese herum und mit dieser in Kontakt stehend angeordnet sind,
wobei die eine oder die mehreren elektrischen Bandheizeinrichtungen (320) eingerichtet sind, um das durch die Brennstoffgasleitung (310) strömende Brennstoffgas zu überhitzen,
wobei die Brennstoffgasleitung (310) frei von internen aktiven Heizelementen ist.
2. Elektrischer Anlauferhitzer (300, 430) nach Anspruch 1, der ferner aufweist:
eine oder mehrere Lamellen (330), die intern, im Inneren der Brennstoffgasleitung (310) vorgesehen sind, wobei die eine oder mehreren Lamellen (330) eingerichtet sind, um eine Wärmeübertragung der Wärme von der einen oder den mehreren Bandheizeinrichtungen (320) auf das durch die Brennstoffgasleitung (310) strömende Brennstoffgas zu fördern.
3. Elektrischer Anlauferhitzer (300, 430) nach Anspruch 2, wobei sich die eine oder mehreren Lamellen (330) im Wesentlichen in einer Längsrichtung der Brennstoffgasleitung (310) erstrecken.

CH 701 822 B1

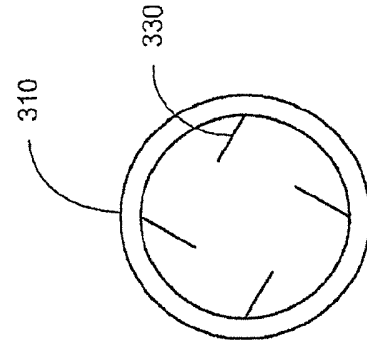
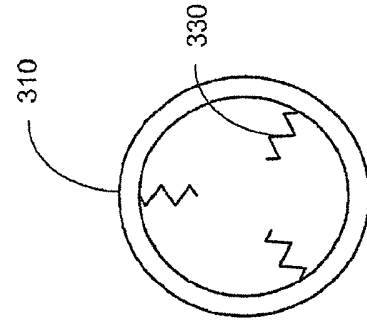
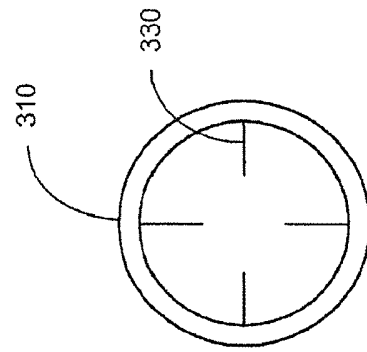
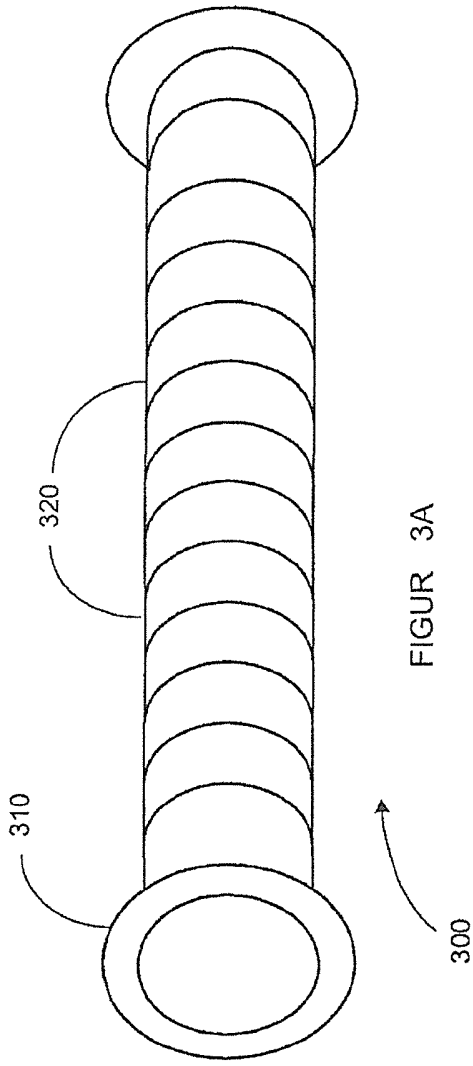
4. Elektrischer Anlaufferhitzer (300, 430) nach einem der Ansprüche 2 bis 3, wobei die eine oder mehreren Lamellen (330) mit der Brennstoffgasleitung (310) integral ausgebildet sind.
5. Gasturbinenkraftwerk (400), das aufweist:
eine Brennstoffgasversorgung, die eingerichtet ist, um Brennstoffgas einer Gasturbine (480) zuzuführen;
ein Gasbrennstoffmodul (475), das stromaufwärts von der Gasturbine (480) und stromabwärts von der Brennstoffgasversorgung angeordnet ist, wobei das Gasbrennstoffmodul (475) eingerichtet ist, um die Zufuhr des Brennstoffgases von der Brennstoffgasversorgung zu der Gasturbine (480) zu steuern; und
einen elektrischen Anlaufferhitzer (300, 430) gemäss Anspruch 1, der stromabwärts von der Brennstoffgasversorgung und stromaufwärts von dem Gasbrennstoffmodul (475) angeordnet ist, wobei das Brennstoffgas von der Brennstoffgasversorgung durch die Brennstoffgasleitung (310) hindurch zu dem Gasbrennstoffmodul (475) strömt.
6. Gasturbinenkraftwerk (400) nach Anspruch 5, wobei der elektrische Anlaufferhitzer (300, 430) unmittelbar stromaufwärts von dem Gasbrennstoffmodul (475) angeordnet ist.
7. Gasturbinenkraftwerk (400) nach einem der Ansprüche 5 bis 6, wobei der elektrische Anlaufferhitzer (300, 430) im Innern eines Kraftwerksgebäudes (485), in dem die Gasturbine (480) und das Gasbrennstoffmodul (475) angeordnet sind, gemeinsam mit diesen angeordnet ist.
8. Gasturbinenkraftwerk (400) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei der elektrische Anlaufferhitzer (300, 430) ferner aufweist: eine oder mehrere Lamellen (330), die intern, im Inneren der Brennstoffgasleitung (310) vorgesehen sind, wobei die eine oder mehreren Lamellen (330) eingerichtet sind, um eine Wärmeübertragung von Wärme von der einen oder mehreren Bandheizeinrichtungen (320) auf das durch die Brennstoffgasleitung (310) strömende Brennstoffgas zu fördern.
9. Gasturbinenkraftwerk (400) nach einem der Ansprüche 5 bis 8, das ferner aufweist: einen Hochleistungserhitzer (420), der stromabwärts von der Brennstoffgasversorgung und stromaufwärts von dem elektrischen Anlaufferhitzer (300, 430) angeordnet ist, wobei der Hochleistungserhitzer (420) eingerichtet ist, um das hindurchfliessende Brennstoffgas zu überhitzen.
10. Gasturbinenkraftwerk (400) nach Anspruch 9, wobei der Hochleistungserhitzer (420) eingerichtet ist, um das Brennstoffgas während eines normalen Betriebs des Kraftwerks (400) zu überhitzen, und wobei der elektrische Anlaufferhitzer (300, 430) eingerichtet ist, um das Brennstoffgas während eines Anlaufbetriebs des Kraftwerks (400) zu überhitzen.
11. Gasturbinenkraftwerk (400) nach einem der Ansprüche 5 bis 10, wobei der elektrische Anlaufferhitzer (300, 430) eingerichtet ist, um während des normalen Betriebs des Kraftwerks (400) zusätzliche Wärme zu dem Brennstoffgas zu liefern.
12. Gasturbinenkraftwerk (400) nach Anspruch 11, das ferner aufweist: eine Steuereinrichtung, die eingerichtet ist, um den elektrischen Anlaufferhitzer (300, 430) zu steuern, um so die zugeführte zusätzliche Wärme auf der Basis von Umgebungs- und/oder Brennstoffgaseigenschaften zu steuern/ regeln.
13. Verfahren zum Betreiben eines Gasturbinenkraftwerks (400) gemäss Anspruch 5, wobei das Verfahren aufweist: Überhitzen des Brennstoffgases von der Gasversorgung, das durch die Brennstoffgasleitung (310) strömt, unter Verwendung des elektrischen Anlaufferhitzers (300, 430), um so die Temperatur des Brennstoffgases hinreichend anzuheben, um die Entstehung von Kondensation im Wesentlichen zu verhindern, wenn das Brennstoffgas eine Expansion erfährt, wenn das Brennstoffgas durch das Gasbrennstoffmodul (475) strömt; und Steuern einer Zufuhr des überhitzen Brennstoffgases von dem elektrischen Anlaufferhitzer (300, 430) zu der Gasturbine (480) unter Verwendung des Gasbrennstoffmoduls (475).
14. Verfahren zum Betreiben des Gasturbinenkraftwerks (400) nach Anspruch 13, wobei der elektrische Anlaufferhitzer (300, 430) den Überhitzungsschritt durchführt, wenn sich das Kraftwerk (400) in einem Anlaufmodus befindet.
15. Verfahren zum Betreiben des Gasturbinenkraftwerks (400) nach einem der Ansprüche 13 bis 14, das ferner aufweist: Zuführen, unter Verwendung des elektrischen Anlaufferhitzer (300, 430), zusätzlicher Wärme zu dem Brennstoffgas, das durch einen Hochleistungserhitzer (420) überhitzt worden ist, der stromaufwärts von dem elektrischen Anlaufferhitzer (300, 430) angeordnet ist, wenn die durch den Hochleistungserhitzer (420) gelieferte Überhitzungswärme unzureichend ist, um die Entstehung von Kondensation im Wesentlichen zu verhindern.
16. Verfahren zum Betreiben des Gasturbinenkraftwerks (400) nach Anspruch 15, wobei der elektrische Anlaufferhitzer (300, 430) den Schritt des Zuführens der zusätzlichen Wärme durchführt, wenn sich das Kraftwerk (400) in einem normalen Betriebsmodus befindet.
17. Verfahren zum Betreiben des Gasturbinenkraftwerks (400) nach einem der Ansprüche 15 bis 16, wobei der Schritt des Zuführens der zusätzlichen Wärme aufweist: Steuern der zusätzlichen Wärme, die zugeführt wird, auf der Basis von Umgebungs- und/oder Brennstoffgaseigenschaften unter Verwendung des elektrischen Anlaufferhitzers (300, 430).

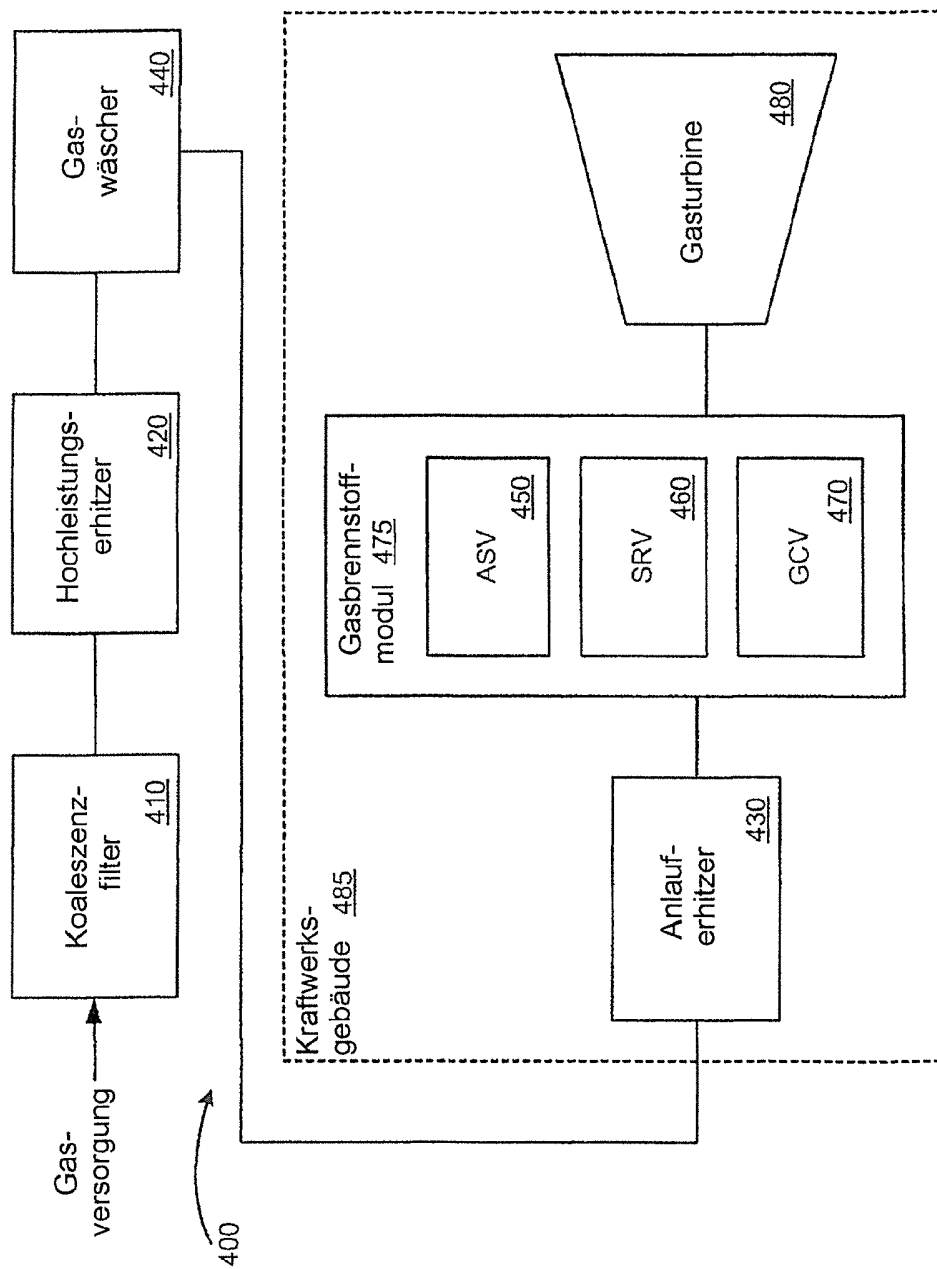


FIGUR 1

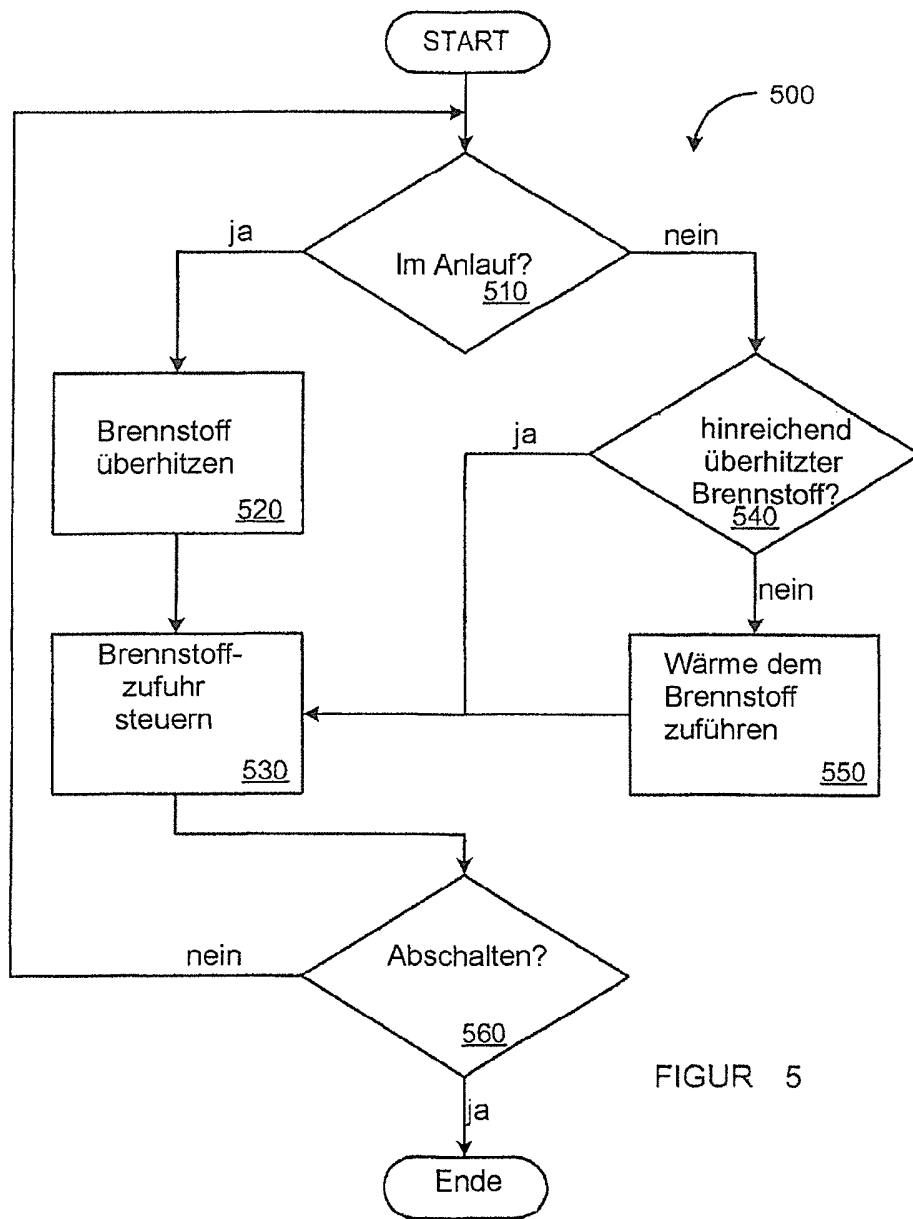


FIGUR 2

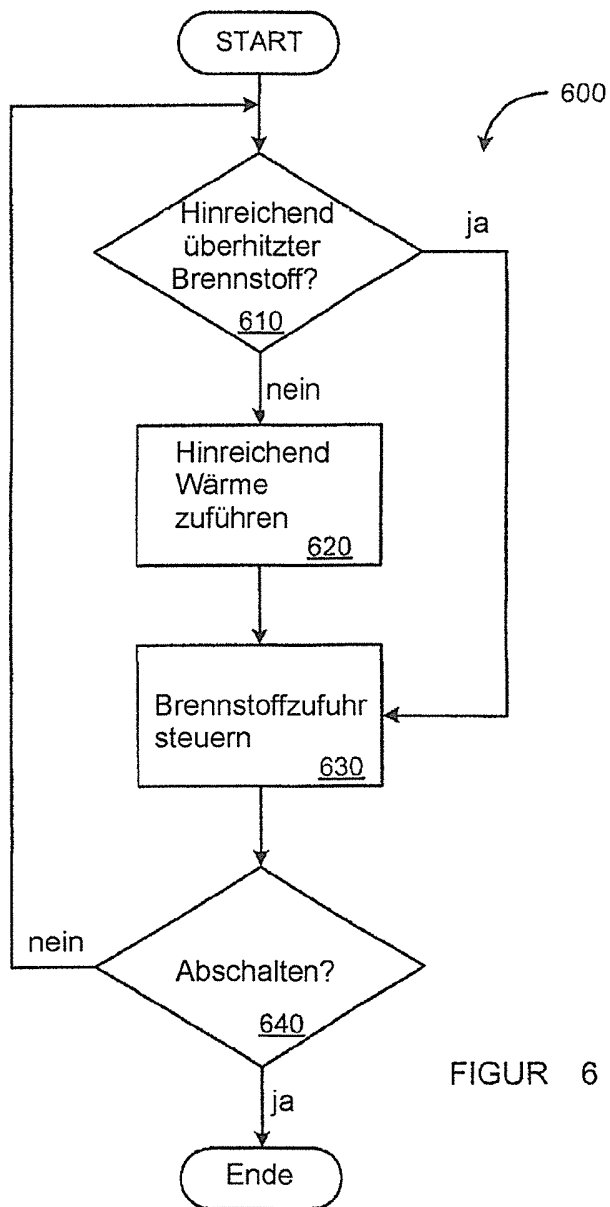




FIGUR 4



FIGUR 5



FIGUR 6