



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2009 043 864.5

(51) Int Cl.: F02C 3/34 (2006.01)

(22) Anmelddatag: 26.08.2009

(43) Offenlegungstag: 15.04.2010

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 04.01.2024

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**12/209,109** 11.09.2008 US

(72) Erfinder:  
**Conchieri, John Anthony, Greenfield Center, N.Y., US**

(73) Patentinhaber:  
**General Electric Co., Schenectady, N.Y., US**

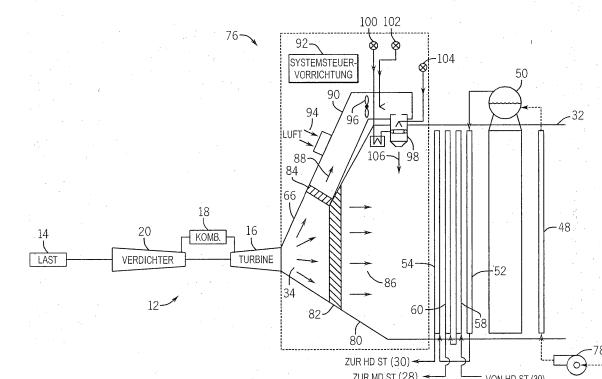
(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**siehe Folgeseiten**

(74) Vertreter:  
**Rüger Abel Patentanwälte PartGmbB, 73728  
Esslingen, DE**

(54) Bezeichnung: **Kanalbrenner für heizwertarmen Brennstoff für Heizsysteme und Wärmerückgewinnungssysteme**

(57) Hauptanspruch: System (76, 108), das aufweist:  
einen Abgaskanal (66), der eingerichtet ist, um Abgase (34) von einer Gasturbine (12) aufzunehmen;  
einen primären Kanal (80), der eingerichtet ist, um einen primären Abgasstrom (86) der Abgase (34) aus dem Abgaskanal (66) aufzunehmen und den primären Abgasstrom (86) im Wesentlichen axial durch einen Abhitze-dampferzeuger (32) zu leiten;  
einen sekundären Kanal (90), der an seinem einen Ende mit dem Abgaskanal (66) und an seinem zweiten Ende mit dem primären Kanal (80) strömungsmäßig verbunden ist, wobei er einen Abschnitt des primären Kanals (80) umgeht, wobei der sekundäre Kanal (90) eingerichtet ist, um einen sekundären Abgasstrom (88) der Abgase (34) aus dem Abgaskanal (66) aufzunehmen;  
eine primäre Gasweiche (82) mit variabler Geometrie, die eingerichtet ist, um den primären Abgasstrom (86) zu dem primären Kanal (80) zuzulassen und zu drosseln;  
eine sekundäre Gasweiche (84) mit variabler Geometrie, die eingerichtet ist, um den sekundären Abgasstrom (88) zu dem sekundären Kanal (90) zuzulassen und zu drosseln;  
ein Verbrennungssystem (98), das eingerichtet ist, um den sekundären Abgasstrom (88) in dem sekundären Kanal (90) mit zummindest einer Brennstoffquelle (104) zu kombinieren, um den sekundären Abgasstrom (88) in dem sekundären Kanal (90) zu verbrennen und den erwärmten sekundären Abgasstrom (88) radial nach innen wieder in den primären Kanal (80) einzuspeisen;  
ein Gebläse (96), das eingerichtet ist, um den sekundären Abgasstrom (88) durch das Verbrennungssystem (98) zu

blasen;  
ein System für erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel (100), das eingerichtet ist, um erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel dem sekundären Abgasstrom (88) in dem sekundären Kanal (90) hinzuzufügen, wobei das System für erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel (100) einen Wärmetauscher umfasst, der innerhalb des primären Kanals (80) angeordnet und eingerichtet ist, um die Luft oder das Oxidationsmittel hindurchzuleiten und durch den primären Abgasstrom (86) der Abgase (34) zu erwärmen; und  
eine Steuervorrichtung (92), die eingerichtet ist, um das stöchiometrische Durchflussverhältnis zwischen der Brennstoffquelle (104) und dem sekundären Abgasstrom (88) durch Betätigung der primären und der sekundären Gasweiche (82, 84) mit variabler Geometrie zu steuern.



(19)



Deutsches  
Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2009 043 864 B4 2024.01.04

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2002 / 0 002 828	A1
US	2005 / 0 176 831	A1
US	4 706 612	A
US	5 461 853	A
EP	0 358 866	A1
JP	H09- 236 201	A
JP	2002- 89 365	A

**Beschreibung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf Kanalbrennerysteme, die an Gasturbinen und Abhitzedampferzeugern (AHDE) verwendet werden. Genauer gesagt, bezieht sich die Erfindung auf Kanalbrennerysteme und Prozesse, mithilfe derer heizwertarme Brennstoffe verbrannt werden können und bei denen Strukturen mit variabler Geometrie und Durchflussteuerungen eingesetzt werden, um die Stöchiometrie eines brennbaren Gemisches zu optimieren.

**[0002]** Zahlreiche Stahlraffinerien, Gasifizierungs- und andere Anlagen, die heizwertarme Brennstoffe erzeugen, setzen auch AHDE-Systeme zur Erwärmung und Energieübertragung ein. In manchen Fällen zählt die Verbrennung eines heizwertarmen Brennstoffs anstelle von Erdgas oder einem anderen üblichen heizwertreichen Brennstoff als Nutzung erneuerbarer Energie und kann wirtschaftliche Vorteile mit sich bringen. Außerdem haben in manchen Fällen die heizwertarmen Brennstoffe möglicherweise sonst keinen Nutzen als Brennstoff. Aus diesem Grund kann die Nutzung heizwertärmer Brennstoffe für die Zusatzfeuerung in einem AHDE sowohl unter Betriebs- als auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten vorteilhaft sein.

**[0003]** Die Nutzung heizwertärmer Brennstoffe in einem AHDE kann allerdings aus verschiedenen Gründen auch Probleme mit sich bringen. Zum Beispiel kann eine spezielle Anpassung des Feuerungssystems erforderlich sein, um den physischen und chemischen Eigenschaften des Brennstoffs zu entsprechen, damit innerhalb der Brennbarkeitsgrenzen eine angemessene Verbrennung gewährleistet ist. Darüber hinaus ist das stöchiometrische Durchflussverhältnis bei derartigen Zusatzfeuerungssystemen typischerweise ungeregelt.

**[0004]** US 5 461 853 A beschreibt ein System, das aufweist: einen Abgaskanal, um Abgase von einer Gasturbine aufzunehmen; einen primären Kanal, um einen primären Abgasstrom der Abgase aus dem Abgaskanal aufzunehmen und den primären Abgasstrom im Wesentlichen axial durch einen Abhitzedampferzeuger zu leiten; einen sekundären Kanal, der an seinem einen Ende mit dem Abgaskanal und an seinem zweiten Ende mit dem primären Kanal strömungsmäßig verbunden ist, wobei er einen Abschnitt des primären Kanals umgeht und eingerichtet ist, um einen sekundären Abgasstrom der Abgase aus dem Abgaskanal aufzunehmen; eine Gasweiche oder Drossel, die in dem sekundären Kanal angeordnet ist, um den sekundären Abgasstrom zuzulassen und zu drosseln; und einen Kanalbrenner, der in dem primären Kanal angeord-

net ist, um den primären Abgasstrom mit einem Brennstoff zu vermischen und unter brennstofffreien Bedingungen zu verbrennen, wobei der sekundäre Abgasstrom in den primären Kanal an einer Stelle stromabwärts des Kanalbrenners eingespeist wird.

**[0005]** US 4 706 612 A beschreibt einen zweistufigen Kanalbrenner, wobei das Abgas aus einer Gasturbine in einen primären und einen sekundären Abgasstrom aufgeteilt wird, der primäre Abgasstrom über einen primären Kanal, in dem ein erstes Drosselventil angeordnet ist, einer primären Zone des Kanalbrenners zugeführt, mit einem Brennstoff vermischt, unter brennstofffreien Bedingungen, bei 70% oder weniger des stöchiometrischen Sauerstoffgehalts, verbrannt und weiter axial einer sekundären Zone des Kanalbrenners zugeführt wird. Der sekundäre Abgasstrom wird durch einen sekundären Kanal geleitet, in dem ein zweites Drosselventil angeordnet ist, und dann in den primären Kanal in einer den Außenumfang des primären Abgasstroms umgebenden Weise, koaxial zugeführt.

**[0006]** JP 2002 - 89 365 A und US 2002 / 0 002 828 A1 beschreiben ein Abgaswärmeübergangsverwendungssystem mit einem Kanalbrenner, der ein Abgas aus einer Gasturbine nutzt, um die Temperatur einer Luft zur Verbrennung zu steigern. Ein Sauggebläse ist in einem Kanal angeordnet, um das Abgas aus der Gasturbine und die Außenluft anzusaugen und dem Kanalbrenner zur Verbrennung zuzuführen. In einer Ausführungsform ist ein Bypasskanal vorgesehen, der einen Abschnitt des primären Kanals mit dem Sauggebläse umgeht und einen sekundären Teil des Abgases umleitet und in den primären Kanal derart einspeist wird, dass beide Abgasteile und die eingesaugte Luft in dem Kanalbrenner mit Brennstoff vermischt und verbrannt werden, bevor das resultierende Abgas einem Dampferzeugerkessel zugeführt wird.

**[0007]** US 2005 / 0 176 831 A1 offenbart ein System mit einer Gasturbine und einem Abhitzedampferzeuger. In einer Ausführungsform wird der Gasturbinenabgasstrom in einen primären Abgasstrom und einen sekundären Abgasstrom aufgeteilt, die durch jeweilige mit Drosseln versehene primäre und sekundäre Kanäle geleitet werden. Dem sekundären Abgasstrom wird in dem sekundären Kanal über ein Gebläse Zusatzluft hinzugefügt, bevor der sekundäre Abgasstrom einem Wärmerückgewinnungswärmetauscher zugeführt wird, der einen Hilfsbrenner umfasst, in dem der sekundäre Abgasstrom mit einem Hilfsbrennstoff vermischt und verbrannt wird. Dem erhitzten sekundären Abgasstrom, der den Wärmerückgewinnungswärmetauscher verlässt, wird der den Wärmerückgewinnungswärmetauscher umströmende primäre Abgasstrom zugeführt, bevor

das Abgasstromgemisch dem Abhitzedampferzeuger zugeführt wird.

**[0008]** JP H09-236 201 A offenbart ein System mit einer Gasturbine, deren Abgas in zwei Abgasströme aufgeteilt wird. Ein erster Abgasstrom wird einem Ofen eines Kessels zugeführt. Ein zweiter Abgasstrom wird mit einem Verbrennungsabgas aus einem Auslass des Kessels vermischt und als Kesselabgas über einen Abgaskanal zu einem Schornstein geleitet. Ein Teil des Kesselabgases wird aus dem Abgaskanal abgezweigt und einem Wärmetauscher zugeführt, der dem Kessel zugeführte Verbrennungsluft erwärmt.

**[0009]** EP 0 358 866 A1 offenbart eine Vorrichtung hinter einer Gasturbine mit einem zu einem Bypass führenden ersten Kanal und einem zu einem Wärmetauscher führenden zweiten Kanal, die abwechselnd mittels Bypass-Klappen bzw. Wärmetauscherklappen verschließbar sind. In dem Verzweigungsbereich der Kanäle sind schwenkbare Leitbleche angeordnet, die wahlweise derart geschwenkt werden können, dass sie den Gasstrom in den ersten Kanal lenken oder dem Gasstrom auf seinem Weg zu dem Wärmetauscher keinen Widerstand entgegensetzen.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0010]** Gemäß der Erfindung ist ein neues System mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 geschaffen, das aufweist:

einen Abgaskanal, der eingerichtet ist, um Abgase von einer Gasturbine aufzunehmen;

einen primären Kanal, der eingerichtet ist, um einen primären Abgasstrom der Abgase aus dem Abgaskanal aufzunehmen und den primären Abgasstrom im Wesentlichen axial durch einen Abhitzedampferzeuger zu leiten;

einen sekundären Kanal, der an seinem einen Ende mit dem Abgaskanal und an seinem zweiten Ende mit dem primären Kanal strömungsmäßig verbunden ist, wobei er einen Abschnitt des primären Kanals umgeht, wobei der sekundäre Kanal eingerichtet ist, um einen sekundären Abgasstrom der Abgase aus dem Abgaskanal aufzunehmen;

eine primäre Gasweiche mit variabler Geometrie, die eingerichtet ist, um den primären Abgasstrom zu dem primären Kanal zuzulassen und zu drosseln;

eine sekundäre Gasweiche mit variabler Geometrie, die eingerichtet ist, um den sekundären Abgasstrom zu dem sekundären Kanal zuzulassen und zu drosseln;

ein Verbrennungssystem, das eingerichtet ist, um den sekundären Abgasstrom in dem sekun-

dären Kanal mit zumindest einer Brennstoffquelle zu kombinieren, um den sekundären Abgasstrom in dem sekundären Kanal zu verbrennen und den erwärmten sekundären Abgasstrom radial nach innen wieder in den primären Kanal einzuspeisen;

ein Gebläse, das eingerichtet ist, um den sekundären Abgasstrom durch das Verbrennungssystem zu blasen;

ein System für erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel (100), das eingerichtet ist, um erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel dem sekundären Abgasstrom (88) in dem sekundären Kanal (90) hinzuzufügen, wobei das System für erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel (100) einen Wärmetauscher umfasst, der in dem primären Kanal (80) angeordnet und eingerichtet ist, um die Luft oder das Oxidationsmittel hindurchzuleiten und durch den primären Abgasstrom (86) der Abgase (34) zu erwärmen; und

eine Steuervorrichtung, die eingerichtet ist, um das stöchiometrische Durchflussverhältnis zwischen der Brennstoffquelle und dem sekundären Abgasstrom durch Betätigung der primären und der sekundären Gasweiche mit variabler Geometrie zu steuern.

**[0011]** Besonders vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0012]** Diese und andere Merkmale, Gesichtspunkte und Vorteile der vorliegenden Erfindung sind besser verständlich, wenn die folgende detaillierte Beschreibung mit Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen gelesen wird, in denen gleiche Bezugszeichen durchweg gleiche Teile bezeichnen.

**Fig. 1** ist ein schematisches Ablaufdiagramm eines beispielhaften GuD-Stromerzeugungssystems, bei dem die Kanalbrennersteine und die Verfahren der offebarten Ausführungsformen zum Einsatz kommen könnten;

**Fig. 2** ist ein schematisches Diagramm des beispielhaften Betriebs einer Gasturbine, eines AHDE und eines Kanalbrenners und stellt grundlegende Prinzipien dar, die gemäß den offebarten Ausführungsformen angewendet werden können;

**Fig. 3** ist ein schematisches Diagramm eines beispielhaften Kanalbrennersteins, wie es gemäß den offebarten Ausführungsformen mit einer Gasturbine und einem AHDE eingesetzt wird;

**Fig. 4** ist ein schematisches Diagramm eines anderen beispielhaften Kanalbrennersystems, wie es gemäß den offenbarten Ausführungsformen mit einer Gasturbine und einem AHDE eingesetzt wird, und

**Fig. 5** ist ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zur Kanalverbrennung heizwertärmer Brennstoffe unter Anwendung der offenbarten Ausführungsformen.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0013]** Im Folgenden werden eine oder mehrere spezifische Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben. Im Interesse einer kurzgefassten Beschreibung dieser Ausführungsformen sind eventuell nicht alle Merkmale einer tatsächlichen Implementierung in der Beschreibung erfasst. Es sollte zur Kenntnis genommen werden, dass bei der Entwicklung einer derartigen tatsächlichen Implementierung - wie bei jedem Konstruktions- oder Planungsprojekt - zahlreiche implementierungs-spezifische Entscheidungen getroffen werden müssen; diese dienen dazu, die spezifischen Ziele der Entwickler zu erreichen, zum Beispiel, wenn system- oder geschäftsbezogene Beschränkungen zu berücksichtigen sind, die von Implementierung zu Implementierung variieren können. Es sollte ebenfalls zur Kenntnis genommen werden, dass derartige Entwicklungsanstrengungen zwar komplex und zeit-aufwendig sein können, aber für den Durchschnittsfachmann mithilfe dieser Offenbarung die Planung und Herstellung ein Routinevorhaben darstellen würden.

**[0014]** Bei der Einführung von Elementen verschiedener Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sollen die Artikel „ein, eine“ oder „der, die, das“ bedeuten, dass es sich um ein oder mehrere Elemente handelt. Die Begriffe „umfassen“, „einschließen“ und „aufweisen“ sind einschließend gemeint und besagen, dass abgesehen von den aufgeführten Elementen weitere Elemente vorhanden sein können. Beispiele für Betriebsparameter schließen andere Parameter für die offenbarten Ausführungsformen nicht aus.

**[0015]** Bei den offenbarten Ausführungsformen werden Kanalbrenner-systeme zur Verfügung gestellt, die für die Nutzung heizwertärmer Brennstoffe ausgebildet sind. Bei bestimmten Ausführungsformen können die Systeme einen primären Kanal umfassen, der dafür ausgebildet ist, einen primären Abgasstrom aus einem Abgaskanal aufzunehmen, und einen sekundären Kanal umfassen, der dafür ausgebildet ist, einen sekundären Abgasstrom aus dem Abgaskanal aufzunehmen. Primäre und sekundäre Gasweichen mit variabler Geometrie können dafür ausgebildet sein, den primären und entsprechend

den sekundären Strom zuzulassen oder zu drosseln. Ein Verbrennungssystem kann den sekundären Strom aufnehmen, ihn mit zumindest einem heizwertarmen Brennstoff kombinieren, den sekundären Strom zu Heizzwecken verbrennen und den erwärmten sekundären Strom wieder in den primären Kanal injizieren. Ein Gebläse kann dazu verwendet werden, den sekundären Strom durch das Verbrennungssystem zu blasen. Zusätzlich kann eine Systemsteuervorrichtung verwendet werden, das stöchiometrische Durchflussverhältnis des sekundären Stroms zu steuern, indem die primäre und sekundäre Gasweiche mit variabler Geometrie betätigt werden.

**[0016]** **Fig. 1** ist ein schematisches Ablaufdiagramm eines beispielhaften GuD-Stromerzeugungssystems 10, bei dem die Kanalbrenner-systeme und die Verfahren der offenbarten Ausführungsformen zum Einsatz kommen können. Das System 10 kann eine Gasturbine 12 zum Antreiben einer ersten Last 14 umfassen. Die erste Last 14 kann beispielsweise ein elektrischer Generator zur Stromerzeugung sein. Die Gasturbine 12 kann eine Turbine 16, eine Brennkammer 18 und einen Verdichter 20 umfassen. Das System 10 kann auch eine Dampfturbine 22 zum Antreiben einer zweiten Last 24 umfassen. Die zweite Last 24 kann ebenfalls ein elektrischer Generator zur Stromerzeugung sein. Sowohl die erste als auch die zweite Last 14, 24 können auch Lasten eines anderen Typs sein, die von der Gasturbine 12 und der Dampfturbine 22 angetrieben werden können. Obwohl die Gasturbine 12 und die Dampfturbine 22 getrennte Lasten 14 und 24 antreiben können, wie bei der gezeigten Ausführungsform dargestellt, können die Gasturbine 12 und die Dampfturbine 22 auch im Tandem eingesetzt werden, um über eine einzige Welle eine einzige Last anzutreiben. In der gezeigten Ausführungsform kann die Dampfturbine 22 eine Niederdruckstufe 26 (ND ST), eine Mitteldruckstufe 28 (MD ST) und eine Hochdruckstufe 30 (HD ST) umfassen. Allerdings kann die spezifische Konfiguration der Dampfturbine 22 wie die der Gasturbine 12 implementierungsspezifisch sein und eine beliebige Kombination von Stufen umfassen.

**[0017]** Das System 10 kann auch einen Mehrstufen-AHDE 32 umfassen. Die Komponenten des AHDE 32 bei der gezeigten Ausführungsform sind eine vereinfachte Darstellung des AHDE 32 und sollen nicht einschränkend sein. Diese Darstellung des AHDE 32 soll vielmehr den allgemeinen Betrieb derartiger AHDE-Systeme vermitteln. Erwärmtes Abgas 34 der Gasturbine 12 kann in den AHDE 32 geleitet und zur Erwärmung von Dampf genutzt werden, der zum Antreiben der Dampfturbine 22 verwendet wird. Abdampf der Niederdruckstufe 26 der Dampfturbine 22 kann zu einem Kondensator 36 geleitet werden. Kondensat aus dem Kondensator 36 kann wiederum

mithilfe einer Kondensatpumpe 38 zu einem Niederdruckabschnitt des AHDE 32 geleitet werden.

**[0018]** Das Kondensat kann dann durch einen Niederdruck-Economizer 40 (NDECON) strömen, eine Vorrichtung, die dafür ausgebildet ist, Speisewasser durch Gase zu erwärmen, und zum Erwärmen des Kondensats genutzt werden kann. Aus dem Niederdruck-Economizer 40 kann das Kondensat entweder zu einem Niederdruck-Verdampfer 42 (NDVERDAM) oder einem Mitteldruck-Economizer 44 (MDECON) geleitet werden. Dampf aus dem Niederdruck-Verdampfer 42 kann zu der Niederdruckstufe 26 der Dampfturbine 22 zurückgeführt werden. In gleicher Weise kann das Kondensat aus dem Mitteldruck-Economizer 44 entweder zu einem Mitteldruck-Verdampfer 46 (MDVERDAM) oder einem Hochdruck-Economizer 48 (HDECON) geleitet werden. Außerdem kann Dampf aus dem Mitteldruck-Economizer 44 zu einem Gaserhitzer (nicht gezeigt) geleitet werden, wo der Dampf zur Erwärmung von Brenngas genutzt wird, das in der Brennkammer 18 der Gasturbine 12 verwendet wird. Dampf aus dem Mitteldruck-Verdampfer 46 kann zu der Mitteldruckstufe 28 der Dampfturbine 22 geleitet werden. Die Verbindungen zwischen den Economizern, Verdampfern und der Dampfturbine 22 können in den verschiedenen Implementierungen variieren, da die dargestellte Ausführungsform lediglich zur Veranschaulichung des allgemeinen Betriebs eines AHDE-Systems dient, bei dem besondere Aspekte der vorliegenden Ausführungsformen zum Einsatz kommen können.

**[0019]** Schließlich kann Kondensat aus dem Hochdruck-Economizer 48 zu einem Hochdruck-Verdampfer 50 (HDVERDAM) geleitet werden. Aus dem Hochdruck-Verdampfer 50 austretender Dampf kann zu einem primären Hochdruck-Überhitzer 52 und einem abschließenden Hochdruck-Überhitzer 54 geleitet werden, wo der Dampf überhitzt und schließlich zur Hochdruckstufe 30 der Dampfturbine 22 geleitet wird. Abdampf aus der Hochdruckstufe 30 der Dampfturbine 22 kann wiederum in die Mitteldruckstufe 28 der Dampfturbine 22 geleitet werden. Abdampf aus der Mitteldruckstufe 28 der Dampfturbine 22 kann in die Niederdruckstufe 26 der Dampfturbine 22 geleitet werden.

**[0020]** Ein Zwischenstufen-Dampfkühler 56 kann sich zwischen dem primären Hochdruck-Überhitzer 52 und dem abschließenden Hochdruck-Überhitzer 54 befinden. Der Zwischenstufen-Dampfkühler 56 kann eine robustere Steuerung der Abgastemperatur des Dampfes aus dem abschließenden Hochdruck-Überhitzer 54 ermöglichen. Der Zwischenstufen-Dampfkühler 56 kann dafür ausgebildet sein, die Temperatur des aus dem abschließenden Hochdruck-Überhitzer 54 austretenden Dampfes zu regulieren, indem kühleres Speisewasser in den überhitzten Dampf stromauf des abschließenden Hoch-

druck-Überhitzers 54 injiziert wird, wenn die Abdampftemperatur des aus dem abschließenden Hochdruck-Überhitzer 54 austretenden Dampfes einen vorher festgelegten Wert übersteigt.

**[0021]** Zusätzlich kann Abdampf aus der Hochdruckstufe 30 der Dampfturbine 22 in einen primären Zwischenüberhitzer 58 und einen sekundären Zwischenüberhitzer 60 geleitet werden, wo es wieder erwärmt und dann in die Mitteldruckstufe 28 der Dampfturbine 22 geleitet wird. Der primäre Zwischenüberhitzer 58 und der sekundäre Zwischenüberhitzer 60 können auch mit einem Zwischenstufen-Dampfkühler 62 verbunden sein, um die Temperatur des Abdampfes aus den Zwischenüberhitzern zu regeln. Der Zwischenstufen-Dampfkühler 62 kann dafür ausgebildet sein, die Temperatur des aus dem sekundären Zwischenüberhitzer 60 austretenden Dampfes zu regulieren, indem kühleres Speisewasser in den überhitzten Dampf stromauf des sekundären Zwischenüberhitzers 60 injiziert wird, wenn die Austrittstemperatur des aus dem sekundären Zwischenüberhitzer 60 austretenden Dampfes einen vorher festgelegten Wert überschreitet.

**[0022]** In GuD-Systemen, wie dem System 10, kann heißes Abgas aus der Gasturbine 12 austreten, durch den AHDE 32 strömen und zur Erzeugung von Hochdruck-Hochtemperaturdampf genutzt werden. Der durch den AHDE 32 erzeugte Dampf kann dann zur Stromerzeugung durch die Dampfturbine 22 geleitet werden. Der erzeugte Dampf kann außerdem beliebigen anderen Prozessen zugeführt werden, bei denen überhitzter Dampf genutzt wird. Der Erzeugungszyklus einer Gasturbine 12 wird oft als Vorschaltprozess (topping cycle) bezeichnet, während der Erzeugungszyklus einer Dampfturbine 22 häufig als Nachschaltprozess (bottoming cycle) bezeichnet wird. Durch die Kombination dieser beiden Zyklen, wie in **Fig. 1** gezeigt, kann das GuD-Stromerzeugungssystem 10 eventuell in beiden Zyklen einen höheren Wirkungsgrad erzielen. Insbesondere kann Abhitze aus dem Vorschaltprozess zur Erzeugung von Dampf verwendet werden, der im Nachschaltprozess genutzt wird.

**[0023]** Es ist daher bei GuD-Systemen wie dem System 10 wünschenswert, thermische Energie aus dem Vorschaltprozess zu erfassen (die sonst ungenutzt bliebe), und sie im Nachschaltprozess zur Stromerzeugung zu nutzen. Wird die Austrittstemperatur des von der Gasturbine 12 in den AHDE 32 geleiteten Abgases erhöht, so erhöht sich ebenfalls die durch den AHDE 32 zurückzugewinnende Menge an thermischer Energie. Dies wiederum ermöglicht einen insgesamt höheren Wirkungsgrad des GuD-Systems 10. Zur Erhöhung der Austrittstemperatur der in den AHDE 32 geleiteten Abgase kann eine Vielzahl von Verfahren eingesetzt werden, darunter die Verwendung von Kanalbrennern zwischen der

Gasturbine 12 und dem AHDE 32. Der Einsatz von Kanalbrennern zur Erhöhung der Temperatur des Abgases 34 der Gasturbine 12 erhöht nicht notwendigerweise den Gesamt-Wirkungsgrad des Systems 10, wenn für den Kanalbrenner eine zusätzliche Brennstoffquelle genutzt wird. Kanalbrenner können jedoch eine erhöhte Dampferzeugung und damit eine erhöhte Stromerzeugung in Spitzenlastperioden des Systems 10 ermöglichen. Wird außerdem, wie unten dargelegt, für die Kanalbrenner anstelle einer zusätzlichen Brennstoffquelle ein zur Verfügung stehender heizwertarmer Brennstoff genutzt, kann der Gesamt-Wirkungsgrad durch die Nutzung des ansonsten unbrauchbaren heizwertarmen Brennstoffs erhöht werden.

**[0024]** Als heizwertarmer Brennstoff wird in diesem Zusammenhang ein Brennstoff bezeichnet, der einen niedrigeren Heizwert aufweist als übliche gasförmige, flüssige oder feste Brennstoffe (z. B. Methan), dessen Heizwert aber hoch genug ist, um ein brennbares Gemisch entstehen zu lassen und eine kontinuierliche Verbrennung zu ermöglichen. Heizwertarme Brennstoffe können als Brennstoffe mit einem Heizwertbereich zwischen 90 und 700 Btu/scf (British thermal units per standard cubic feet) beschrieben werden. Der Heizwert ist ein Brennstoffmerkmal, das die bei der Verbrennung freigesetzte Wärmemenge definiert. Brennstoffe mit niedrigem Heizwert können höhere Konzentrationen von Bestandteilen mit gar keinem oder nur geringem Heizwert aufweisen (z.B. Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Stickstoff und so weiter).

**[0025]** Fig. 2 ist ein schematisches Diagramm des beispielhaften Betriebs einer Gasturbine 12, eines AHDE 32 und eines Kanalbrenners 64 und stellt grundlegende Prinzipien dar, die gemäß den offenbarten Ausführungsformen angewendet werden können. Wie bereits oben erörtert, kann das Abgas 34 der Gasturbine 12 in den AHDE 32 geleitet werden, wo Wärme aus dem Abgas 34 dazu verwendet werden kann, Kondensat aus dem Nachschaltprozess in überhitzten Dampf in dem Nachschaltprozess umzuwandeln. Während das Abgas 34 aus der Gasturbine 12 austritt, kann es durch einen Abgaskanal 66 graduell ausgedehnt werden, bevor es den Kanalbrenner 64 erreicht. Das Abgas 34 kann mit einer zusätzlichen Brennstoffquelle 68 gemischt werden (z. B. einem heizwertarmen Brennstoff), der in den Abgasstrom 34 durch einen Kanalbrenner 70 mit zugehörigen Injektoren 72 injiziert werden kann. Sobald das Abgas 34 durch den Kanalbrenner 70 verbrannt wird, kann das daraus entstehende überhitzte Abgas 74 dazu verwendet werden, Dampf durch den abschließenden Hochdruck-Überhitzer 54, den sekundären Zwischenüberhitzer 60, den primären Zwischenüberhitzer 58, den primären Hochdruck-Überhitzer 52 und andere Komponenten des AHDE 32 zu überhitzen.

**[0026]** Da die Gasturbine 12 im Allgemeinen nur eine geringe Menge des in dem Gasturbinen-Luftstrom verfügbaren Sauerstoffs verbraucht, kann das Abgas 34 im Allgemeinen einen hohen Prozentanteil Sauerstoff enthalten, der die Zusatzfeuerung in dem Kanalbrenner 64 ermöglicht. Eine zusätzliche Brennstoffquelle 68 mit relativ hohem Heizwert kann für die Flammenstabilität vorteilhaft sein, steht aber eventuell in der Anlage nicht zur Verfügung. Mit anderen Worten, die Anlage erzeugt möglicherweise keinen heizwertreichen Brennstoff, sodass dessen Nutzung die Kosten der Anlage erhöhen und ihren Wirkungsgrad verringern würde. Andererseits können heizwertarme Brennstoffe in einem Kanal schwieriger zu verbrennen sein, was durch das niedrige Äquivalenzverhältnis und Probleme mit der Flammenstabilität begründet ist, wobei diese heizwertarmen Brennstoffe aber ein verfügbares Produkt der Anlage sind. Daher kann die Verwendung dieser verfügbaren heizwertarmen Brennstoffe den Gesamt-Wirkungsgrad der Anlage verbessern.

**[0027]** Die offenbarten Ausführungsformen bieten verschiedene Verfahren, um die Nutzung heizwertarmer Brennstoffe in kontrollierter, stabiler Weise zu ermöglichen und so den Wirkungsgrad der Anlage zu erhöhen. Um einen heizwertarmen Brennstoff in der Kanalbrennerausrüstung der offenbarten Ausführungsformen zu verbrennen, kann die zusätzliche Brennstoffquelle 68 mit einem heizwertreicherem Brennstoff vermischt werden (z. B. Erdgas), was zu einem höheren Heizwert des Brennstoffgemisches führt, sodass ein besser brennbares Gemisch entstehen kann. Das Abgas 34 kann umgelenkt werden, sodass nur ein Teil des Abgases 34 für die Verbrennung genutzt wird. Zum Beispiel kann ein Aufteilungs-Durchflusss-Steuerungssystem verhindern, dass das brennbare Gemisch so sehr verdünnt wird, dass es die mageren Flammbarkeitsgrenzen für einen stabilen Verbrennungsbetrieb unterschreitet.

**[0028]** Durch die Verbrennung heizwertarmer Brennstoffquellen in Kanalbrennern kann das Ablasen, Abfackeln oder Verbrennen der heizwertarmen Brennstoffquellen vermieden werden, die ansonsten als relativ nutzlose Nebenprodukte des GuD-Stromerzeugungssystems 10 angesehen werden könnten. In dieser Hinsicht kann die Verbrennung heizwertarmer Brennstoffquellen also einen höheren Wirkungsgrad ermöglichen. Die offenbarten Ausführungsformen ermöglichen die wirkungsvolle Verbrennung heizwertarmer Brennstoffe in einem Kanalbrenner. Während die offenbarten Ausführungsformen auf die Nutzung heizwertarmer Brennstoffe abzielen, können die offenbarten Ausführungsformen sich auch für die Anwendung auf beliebige andere Brennstoffe als nützlich erweisen, die in konventionellen Kanalbrenner-systemen nicht leicht zu verbrennen sind (z. B. sauerstoffreiches Gas, Deponegas und

so weiter). Die offenbarten Ausführungsformen könnten die Verbrennung von derartigen unüblichen Brennstoffen, wie auch von Feststoffen, Gemischen und so weiter ermöglichen. Tatsächlich können die offenbarten Ausführungsformen auf die Anwendung auf alle Brennstoffe, konventionelle Brennstoffe eingeschlossen, erweitert werden.

**[0029]** Fig. 3 ist ein schematisches Diagramm eines beispielhaften Kanalbrennersystems 76, wie es gemäß den offenbarten Ausführungsformen mit einer Gasturbine 12 und einem AHDE 32 eingesetzt wird. Bei der gezeigten Ausführungsform, kann eine Speisewasserpumpe 78 zum Erwärmen von Speisewasser zu dem Hochdruck-Economizer 48 und dann zu dem Hochdruck-Verdampfer 50 pumpen, wo der Dampf von dem Kondensat getrennt werden kann. Der Hochdruck-Dampf kann dann in den primären Hochdruck-Überhitzer 52 und den abschließenden Hochdruck-Überhitzer 54 geleitet werden, wo er überhitzt wird, um dann in die Hochdruckstufe 30 der Dampfturbine 22 geleitet zu werden. Nach seiner Nutzung in der Hochdruckstufe 30 der Dampfturbine 22 kann der Dampf zu dem AHDE 32 zurückgeführt werden, wo er durch den primären Zwischenüberhitzer 58 und den sekundären Zwischenüberhitzer 60 wieder erwärmt werden kann. Nach der Wiedererwärmung durch die Zwischenüberhitzer kann der Dampf in die Mitteldruckstufe 28 der Dampfturbine 22 geleitet werden. Wie oben bereits erwähnt, sollten diese dargestellten Vorgänge zwischen dem AHDE 32 und der Dampfturbine 22 lediglich als Veranschaulichung und nicht als einschränkend angesehen werden. Insbesondere werden diese Vorgänge nur dazu verwendet, zu veranschaulichen, wie Dampf durch den AHDE 32 strömen und mit Abgas 34 aus der Gasturbine 12 interagieren kann, nachdem das Abgas 34 ein beispielhaftes Kanalbrenner-system 76 passiert hat, wobei die offenbarten Ausführungsformen angewendet wurden.

**[0030]** Das Abgas 34 aus der Gasturbine 12 kann im Allgemeinen in den Abgaskanal 66 strömen, wo es sich graduell ausdehnt und anschließend in einen primären Kanal 80 strömt. In dem primären Kanal 80 kann das Abgas 34 sich weiter ausdehnen und erwärmt werden, bevor es durch den AHDE 32 strömt, um den überhitzten Dampf zu erzeugen, der zum Antreiben der Dampfturbine 22 genutzt wird. Bei der gezeigten Ausführungsform kann das Abgas 34 durch eine primäre Gasweiche 82 und eine sekundäre Gasweiche 84 in zwei parallele Ströme aufgeteilt werden. Ein primärer Strom 86 kann durch den primären Kanal 80 strömen, während ein sekundärer Strom 88 in einen sekundären Kanal 90 umgelenkt werden kann. Insbesondere kann die primäre Gasweiche 82 dafür ausgebildet sein, den Fluss des primären Stroms 86 in den primären Kanal 80 zuzulassen oder zu drosseln, während die sekundäre Gasweiche 84 dafür ausgebildet sein kann, den

Fluss des sekundären Stroms 88 in den sekundären Kanal 90 zuzulassen oder zu drosseln. Aus diesem Grund können die beiden Ströme 86, 88 auf zwei separate Kanäle 80, 90 aufgeteilt werden, anstatt den gesamten Strom in einem einzigen gemeinsamen Kanal zwischen dem Abgaskanal 66 und dem AHDE 32 zu belassen. Bei den offenbarten Ausführungsformen kann die Kanalverbrennung als Teil des sekundären Kanals 90, und nicht in dem primären Kanal 80 oder einem einzigen gemeinsamen Kanal durchgeführt werden.

**[0031]** Eine oder beide Weichen 82, 84 können eine variable Geometrie aufweisen, um den Strom auf die Ströme 86, 88 aufzuteilen. Die variable Geometrie der Weichen 82, 84 kann durch zahlreiche unterschiedliche Gestaltungen erreicht werden und kann beispielsweise eine Jalouise-Umlenkklappe oder eine konvergierende/divergierende Düsenanordnung umfassen. Die Verwendung von Gasweichenvorrichtungen mit variabler Geometrie unterscheidet sich ziemlich von Kanalbrennersystemen mit Gasweichenvorrichtungen mit fixer Geometrie. Der Einsatz von Gasweichenvorrichtungen mit variabler Geometrie kann eine stabile Zusatzfeuerung bei einer größeren Bandbreite von Betriebsbedingungen ermöglichen als Gasweichenvorrichtungen mit fixer Geometrie. Insbesondere kann bei der Verwendung von Gasweichenvorrichtungen mit variabler Geometrie der Anteil der Umlenkung während der Zeit abgeändert werden, um Änderungen der Betriebsbedingungen und Änderungen der stöchiometrischen Zusammensetzung des Abgases 34 der Gasturbine 12 Rechnung zu tragen. Der primäre und der sekundäre Kanal 80, 90 können auch mit einer geeigneten Geometrie gestaltet werden, was kreisförmige, quadratische oder rechteckige Querschnitte einschließt.

**[0032]** Die Weichen 82, 84 können mit einem Betätigungs system ausgestattet sein, das die Positionierung der Weichen 82, 84 und anderer zugehöriger Umlenkvorrichtungen ändern kann. Das Betätigungs system kann mit einer Systemsteuervorrichtung 92 interagieren, um die Positionierung der Weichen 82, 84 zu ändern und dadurch die Menge bzw. den Anteil des Abgases 34 zu steuern, dass in den primären Strom 86 und den sekundären Strom 88 umgelenkt wird. Die Systemsteuervorrichtung 92 kann dafür ausgebildet sein, auf der Basis der Bestandteile jedes Stroms das stöchiometrische Durchflussverhältnis zwischen dem heizwertarmen Brennstoffstrom und dem sekundären Strom 88 zu ändern. Außerdem kann ein Zusatzluftstrom 94 durch eine Öffnung in dem sekundären Kanal 90 in den sekundären Strom 88 eingeführt werden. Der Zusatzluftstrom 94 kann die stöchiometrischen Eigenschaften des sekundären Stroms 88 verändern. Der Strömungsumlenkprozess kann auch durch die Verwendung eines Gebläses 96 verstärkt werden. Das Gebläse 96 kann ein vorgemischtes

Verbrennungsverfahren begünstigen und die Implementierung eines Pilotflammenverfahrens für eine kontinuierliche Zündung ausschließen. Das Gebläse 96 kann zusätzlich verwendet werden, um die Geschwindigkeit des sekundären Stroms 88 derart anzupassen, dass eine stabilere Befeuerung des Kanalbrennersystems 76 ermöglicht wird.

**[0033]** Der sekundäre Strom 88 kann zum Erwärmen in ein Verbrennungssystem 98 geleitet werden. Das Verbrennungssystem 98 kann eine Vielzahl von Verbrennungssystemmerkmalen umfassen, beispielsweise Brennstoff, Verdünnungsmittel und Oxidationsmittel-Einspritzdüsen, Vormischfunktionen, Flammenerkennung, Zündsystem, Verbrennungsprozesssteuerung und so weiter. Beispielsweise kann, wie dargestellt, das Verbrennungssystem 98 durch ein System für erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel 100 ergänzt werden, wobei ein Luft- oder Oxidationsmittelstrom durch die erhöhten Temperaturen der Verbrennungsnebenprodukte erhitzt und dann in die Brennkammer des Verbrennungssystems 98 eingeführt werden kann. Die erwärmte Luft oder das erwärmte Oxidationsmittel kann an einem Ort in die Brennkammer eingelassen werden, wo diese das brennbare Gemisch auf eine Verbrennungsreaktionstemperatur erhitzen kann, die optimal für die Flammenstabilität ist. Das System für erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel 100 kann anstelle von „Piloting“-Verfahren als Selbstzündsystem eingesetzt werden. Die Verwendung des Systems für erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel 100 als Selbstzündsystem kann sich vorteilhaft auf den thermodynamischen Wirkungsgrad auswirken. Außerdem können die Verfahren, die bei dem System für erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel 100 eingesetzt werden, bei anderen Verbrennungssystemen des GuD-Energieerzeugungs-systems 10 angewendet werden, beispielsweise bei der Brennkammer 18 der Gasturbine 12. Der Ort, an dem die Luft oder das Oxidationsmittel in dem primären Strom 86 erwärmt wird, kann variieren, und von der optimalen Temperatur der erwärmten Luft oder des erwärmten Oxidationsmittels abhängen, die in das Verbrennungssystem 98 eintreten.

**[0034]** Das Verbrennungssystem 98 kann auch durch ein Verdünnungsmittel- und/oder Sauerstoffanreicherungssystem 102 stromauf des Verbrennungssystems 98 ergänzt werden. Wie oben bereits erörtert, kann ein heizwertarmes Brennstoffgemisch 104 in das Verbrennungssystem 98 eingeführt werden. Die als Folge davon in der Brennkammer des Verbrennungssystems 98 erzeugte Flamme kann einen erwärmten Strom 106 zum Ergebnis haben, der mit dem primären Strom 86 in einem Bereich des primären Kanals 80 gemischt wird, der als die Erwärmungszone bezeichnet werden kann. Eine Durchflussverhältnis-Steuerungsstrategie kann

dafür eingesetzt werden, das stöchiometrische Verhältnis zwischen Abgas, Luft oder anderen Fluidmedien und dem heizwertarmen Brennstoff zu steuern.

**[0035]** Die offenbarten Kanalbrennerverfahren können bei vielen Anwendungen eingesetzt werden, sind aber besonders für eine Anwendung unmittelbar stromab des Abgaskanals 66 einer Gasturbine 12 und stromauf eines AHDE 32 geeignet, wie in Fig. 3 gezeigt. Wie oben beschrieben, können die offenbarten Ausführungsformen besonders vorteilhaft sein, wenn das stöchiometrische Durchflussverhältnis für das Abgas 34 über eine große Bandbreite von Betriebsbedingungen gesteuert wird. Das Kanalbrennersystem 76 kann, basierend auf dem beabsichtigten Betriebsbereich des Kanalbrennersystems 76, entweder mit einer einzelnen oder mehreren Brennkammern ausgebildet werden. Das Verbrennungssystem 98 kann auch mehrere Brennstoffströme, darunter sehr heizwertarme Brennstoffe (z. B. Restgase) aufnehmen, wobei die Brennstoffströme vor oder während dem Eintritt in das Verbrennungssystem 98 mit anderen Strömen vorgemischt werden können.

**[0036]** Eine sehr heizwertarme Brennstoffquelle soll hier einen Brennstoff mit einem Heizwertbereich von unter circa 90 Btu/scf bezeichnen. Bei einer sehr heizwertarmen Brennstoffquelle handelt es sich um einen Brennstoff mit einem Heizwert, der so niedrig ist, dass möglicherweise kein brennbares Gemisch zu realisieren ist. Um durch die Verbrennung des sehr heizwertarmen Brennstoffs eine Wärmefreisetzung zu erreichen, kann der sehr heizwertarme Brennstoff mit einer heizwertreicherem Brennstoffquelle zusammen verbrannt werden.

**[0037]** Des Weiteren können zusätzliche Funktionen zu dem Kanalbrennersystem 76 hinzugefügt werden, und zwar innerhalb des Funktionsumfangs der Systemsteuervorrichtung 92. Zum Beispiel kann das stöchiometrische Durchflussverhältnis von der Systemsteuervorrichtung 92 auf der Grundlage einer Emissionsüberwachung gesteuert werden. Mit anderen Worten: Emissionen des Kanalbrennersystems 76 können überwacht werden, und die Systemsteuervorrichtung 92 kann auf der Grundlage von Veränderungen der Emissionen den Durchfluss und die Zusammensetzung des sekundären Stroms 88 und das sich daraus ergebende brennbare Gemisch verändern. Zusätzlich kann eine Rückführungsschleife für das heizwertarme Brennstoffgemisch 104 hinzugefügt werden, ohne dass der gesamte Verbrennungsprozess beeinträchtigt würde. Überwachungs- und Diagnosesysteme, zum Beispiel Thermografie, können ebenfalls zu den offenbarten Ausführungsformen hinzugefügt werden. Die Systemsteuervorrichtung 92 kann auch Prozesssteuerungsparameter der in den offenbarten Ausführungsformen enthaltenen Subsysteme verän-

dern, darunter den Zusatzluftstrom 94, das Gebläse 96, das System für erwärme Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel 100, das Sauerstoffanreicherungssystem 102, das heizwertarme Brennstoffgemisch 104, das Verbrennungssystem 98 sowie den erwärmten Strom 106. Das Kanalbrennersystem 76 kann eine betriebliche Integration ermöglichen, sodass die Systemsteuervorrichtung 92 dazu verwendet wird, mit der Gasturbine 12, dem AHDE 32 und sogar Steuerungsvorrichtungen der GuD-Anlage 10 zu interagieren.

**[0038]** **Fig. 4** ist ein schematisches Diagramm eines anderen beispielhaften Kanalbrennersystems 108, wie es gemäß den offenbarten Ausführungsformen mit einer Gasturbine 12 und einem AHDE 32 eingesetzt wird. Die meisten Komponenten des in **Fig. 4** dargestellten Kanalbrennersystems 108 gleichen denen des in **Fig. 3** dargestellten Kanalbrennersystems 76. Das Kanalbrennersystem 108 aus **Fig. 4** zeigt jedoch, wie unter Verwendung der vorliegenden Kanalverbrennungsverfahren verschiedene Gestaltungen implementiert werden können. Beispielsweise kann in **Fig. 4** das Verbrennungssystem 98 stromab bestimmter Komponenten des AHDE 32 angeordnet werden. Insbesondere kann bei der gezeigten Ausführungsform das Verbrennungssystem 98 stromab des primären Hochdruck-Überhitzers 52, des abschließenden Hochdruck-Überhitzers 54, des primären Zwischenüberhitzers 58 und des sekundären Zwischenüberhitzers 60 des AHDE 32 angeordnet sein. Als solcher kann der erwärmte Strom 106 in den primären Strom 86 in einem Bereich des primären Kanals 80 stromab dieser Überhitzer- und Zwischenüberhitzer-Komponenten des AHDE 32 eingeführt werden. Diese Vorgehensweise kann die Mischung des erwärmten Stroms 106 mit dem primären Strom 86 ermöglichen, was dazu führt, dass der primäre Strom 86 mit einer deutlich höheren Temperatur in den Hochdruck-Verdampfer 50 (HPEVAP) eintritt. Die Auswirkungen dieses verzögerten Mischens können je nach Betriebsbedingungen unterschiedlich sein. Die erhöhten Temperaturen beim Eintritt in den Hochdruck-Verdampfer 50 (HPEVAP) des AHDE 32 können jedoch im Allgemeinen eine erhöhte und effizientere Erzeugung überhitzen Dampfes in dem AHDE 32 ermöglichen.

**[0039]** Aus diesem Grund zeigt **Fig. 4**, wie Kanalbrennersysteme, bei denen die offenbarten Ausführungsformen Anwendung finden, in unterschiedlicher Weise konfiguriert werden können. Außerdem können die vorliegenden Kanalbrennersysteme als Teil verschiedener Systeme gestaltet werden. Zum Beispiel können die Kanalbrennersysteme in das Abgas der Gasturbine 12, an verschiedenen Standorten im AHDE 32 oder als eine Kombination aus beidem integriert werden, wie die **Fig. 3** und **Fig. 4** zeigen. Insbesondere können die Kanalbrennersysteme als Module gestaltet sein, die in den AHDE 32

eingesetzt werden können. Daher können die offenbarten Ausführungsformen modulare Kanalbrenner, Nachrüstungssätze, integrierte Kanäle und so weiter umfassen. Ungeachtet der speziellen räumlichen Konfiguration, die für die Kanalbrennersysteme gewählt wird, kann das angewendete Betriebsverfahren im Wesentlichen gleich sein.

**[0040]** **Fig. 5** ist ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens 110 für die Kanalverbrennung heizwertarmer Brennstoffquellen unter Verwendung der offenbarten Ausführungsformen. Bei Schritt 112 kann Gas zwischen dem primären Kanal 80 und dem sekundären Kanal 90 aufgeteilt werden, wobei Gasweichen mit variabler Geometrie eingesetzt werden. Wie es durchgängig in der gesamten vorliegenden Offenbarung beschrieben wird, kann es sich bei dem Gas um das Abgas 34 der Gasturbine 12 handeln. Das Verfahren 110 für die Verbrennung heizwertarmer Brennstoffquellen kann jedoch auch bei anderen Anwendungen eingesetzt werden, wo Gase zur Befeuerung von Kanalbrennersystemen verwendet werden. Wie oben beschrieben wird, können die Mechanismen mit variabler Geometrie die primäre Weiche 82 und die sekundäre Weiche 84 umfassen, wobei die primäre Weiche 82 den Strom des Gases in den primären Kanal 80 zulassen oder drosseln kann und die sekundäre Weiche 84 den Strom des Gases in den sekundären Kanal 90 zulassen oder drosseln kann. Im Allgemeinen kann der Schritt 112 die Positionierung der Weichen 82, 84 auf der Grundlage der von der Systemsteuervorrichtung 92 empfangenen Steuerungsanweisungen umfassen. Die Systemsteuervorrichtung 92 kann das stöchiometrische Durchflussverhältnis zwischen dem heizwertarmen Brennstoffgemisch 104 und dem sekundären Strom 88 steuern. Die Steuerung des Durchflusses und der Zusammensetzung des jeweiligen Stroms 88, 104 kann unter anderem geeignete stöchiometrische Bedingungen in dem Verbrennungssystem 98 ermöglichen.

**[0041]** Durch die Systemsteuervorrichtung 92 können auch andere stöchiometrische Parameter gesteuert werden. Zum Beispiel kann bei Schritt 114 der Zusatzluftstrom 94 wahlweise auch in den sekundären Strom 88 injiziert werden. Außerdem kann bei Schritt 116 der sekundäre Strom 88 wahlweise auch mithilfe des Gebläses 96 durch das Verbrennungssystem 98 geblasen werden. Die Systemsteuervorrichtung 92 kann auch verschiedene andere Brennstoffsteuerungen betätigen, um das stöchiometrische Durchflussverhältnis des sekundären Stroms 88 für eine optimale Verbrennung zu optimieren. Zum Beispiel können das System für erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel 100, das Verdünnungsmittel- und/oder Sauerstoffanreicherungssystem 102 sowie andere geeignete Systeme durch die Systemsteuervorrichtung 92 gesteuert werden, um zusätzliche Luft und Gase in

den sekundären Strom 88 zu injizieren, um sicherzustellen, dass durch das heizwertarme Brennstoffgemisch 104 in dem Verbrennungssystem 98 stabile Flammen erzeugt werden können.

**[0042]** Bei Schritt 118 kann der sekundäre Strom 88 mit dem heizwertarmen Brennstoffgemisch 104 kombiniert werden, um in der Brennkammer des Verbrennungssystems 98 Flammen zu erzeugen, was den erwärmen Strom 106 zum Ergebnis hat. Bei Schritt 120 kann der erwärme Strom 106 dann durch das Verbrennungssystem 98 wieder in den primären Kanal 80 injiziert werden, wo er sich mit dem primären Strom 86 vermischen kann.

**[0043]** Die Kanalverbrennung heizwertarmen Brennstoffs kann ermöglichen, dass Anlagen überschüssige Prozessbrennstoffe verbrennen, die ansonsten nicht von der Gasturbine zur Dampferzeugung verwendet werden könnten. Die offenbarten Ausführungsformen können die Verbrennung aller zur Verfügung stehenden Brennstoffquellen ermöglichen, die in einer gegebenen Anlage erzeugt werden. Dies kann einen flexibleren Ansatz für die Anlagenplanung ermöglichen, um die Ausgangskapazität der Gas- und der Dampfturbine zu optimieren. Zusätzlich können Kanalbrennersysteme, bei denen die offenbarten Ausführungsformen zum Einsatz kommen, auch als Reservekapazität für den Fall betrachtet werden, dass andere Einrichtungen zur Verbrennung heizwertarmen Brennstoffs versagen. Kanalfeuerung kann außerdem die Austrittstemperatur der Gasturbine erhöhen und so eine leistungsfähigere Dampf-Zwischenüberhitzung fördern. Die offenbarten Ausführungsformen können auch als Reaktion auf Notfälle und Betriebsstörungen dienen, beispielsweise bei Änderung der elektrischen Frequenz und Versagen der Dampferzeugung eines benachbarten Dampfgenerators. Weiter kann die durch Zusatzfeuerung gewonnene zusätzliche Dampfmenge wieder in den Gasturbinenzirkus eingeführt werden, um die Emissionen zu begrenzen und die Leistung zu erhöhen.

**[0044]** Bei den vorliegenden Zusatzfeuerungsverfahren wird eine Kombination aus Gebläsen, Gasweichen mit variabler Geometrie und Brennstoffsteuervorrichtungen eingesetzt, um das stöchiometrische Durchflussverhältnis für optimale Verbrennungsreaktionen in Zusatzfeuerungsanwendungen zu optimieren. Während bei anderen Zusatzfeuerungssystemen eine einzige adiabatische Brennkammer eingesetzt wird, können bei den offenbarten Ausführungsformen sowohl eine einzige als auch mehrere Brennkammern verwendet werden. Während außerdem bei anderen Zusatzfeuerungssystemen eventuell aufgeheiztes feuerfestes Material verwendet wird, um die Temperatur des brennbaren Gemisches zu optimieren, kann bei den offenbarten Ausführungsformen erwärme Luft oder

erwärmtes Oxidationsmittel in die Brennkammer des Verbrennungssystems 98 eingeführt werden, um die Temperatur des brennbaren Gemisches zu erhöhen. Wie oben beschrieben wurde, wird durch die offenbarten Ausführungsformen auch ein Gebläse eingeführt, um eine Vormisch-Verbrennungsstrategie zu fördern, während bei anderen Kanalbrenner-Systemen eine Verbrennungsstrategie mit Pilotflamme erforderlich sein kann.

**[0045]** Die vorliegenden Kanalbrennersysteme sind nicht darauf beschränkt, in einem Kanal angeordnete, integrierte Ausrüstungspakete zu sein. Stattdessen können sie ein Ausrüstungspaket darstellen, das von einer Außenfläche in einen Kanal eingeführt wird, um einen Zugang für betriebliche Diagnose und Wartung zu schaffen. Die offenbarten Ausführungsformen ermöglichen größere Flexibilität hinsichtlich der Anordnung und Ausrichtung der Ausrüstung, da mehrere Brennkammern so installiert und ausgerichtet werden können, dass die Gestaltung für die Wärmerückgewinnung optimiert wird. Außerdem kann durch die offenbarten Ausführungsformen eine Heizzone mit gleichmäßiger Temperaturverteilung geschaffen werden, um thermisch induzierte mechanische Beanspruchung zu verringern. Die vorhandenen Kanalbrennersysteme können außerdem so ausgebildet werden, dass eine Stufungs-Strategie ermöglicht wird. Nimmt zum Beispiel die Energie- oder Dampfanforderung zu, können verschiedene Verbrennungssysteme an- oder ausgeschaltet werden, um der Nachfrage zu entsprechen. Diese Stufungsstrategie ist auch auf Veränderungen bei der Brennstoffzufuhr anwendbar.

**[0046]** Die hier vorgestellten Verfahren zur Verbrennung von heizwertarmem Brennstoff durch Kanalbrenner können bei jeder GuD-Gasturbine eingesetzt werden, um bei einem AHDE zusätzliche Wärme zu gewinnen. Diese Verfahren können auch in vielen Dampferzeugungskessel- oder Wärmetauscheranwendungen eingesetzt werden. Die offenbarten Ausführungsformen können insbesondere auf Gasturbinen-Wärmerückgewinnungssysteme im Bereich der Synthesegasproduktion, der Stahlwerks-Hochöfen und Gas- und Raffinerianlagen eingesetzt werden. Auch in vorhandenen GuD-Anwendungen können Kanalbrennersysteme, bei denen die offenbarten Ausführungsformen genutzt werden, zum Einsatz kommen.

**[0047]** Während hier nur bestimmte Merkmale der Erfindung dargestellt und beschrieben wurden, werden Fachleuten viele Abwandlungen und Änderungen einfallen. Es versteht sich von daher, dass die angefügten Ansprüche alle derartigen Abwandlungen und Änderungen abdecken sollen, die dem wahren Geist der Erfindung entsprechen.

**[0048]** In den offenbarten Ausführungsformen werden Kanalbrennersysteme 76, 108 zur Verfügung gestellt, die für die Nutzung heizwertärmer Brennstoffquellen 104 ausgebildet sind. Bei bestimmten Ausführungsformen können die Systeme 76, 108 einen primären Kanal 80 aufweisen, der dafür ausgebildet ist, einen primären Strom 86 von Abgasen 34 aus einem Abgaskanal 66 aufzunehmen, und können einen sekundären Kanal 90 aufweisen, der dafür ausgebildet ist, einen sekundären Strom 88 von Abgasen 34 aus dem Abgaskanal 66 aufzunehmen. Die primäre und sekundäre Gasweiche 82, 84 mit variabler Geometrie 86, 88 können dafür ausgebildet sein, den primären und entsprechend den sekundären Strom 86, 88 zuzulassen oder zu drosseln. Ein Verbrennungssystem 98 kann den sekundären Strom 88 aufnehmen, ihn mit zumindest einer heizwertarmen Brennstoffquelle 104 kombinieren, den sekundären Strom 88 zu Heizzwecken verbrennen und den erwärmten sekundären Strom 106 wieder in den primären Kanal 80 injizieren. Ein Gebläse 96 kann dazu verwendet werden, um den sekundären Strom 88 durch das Verbrennungssystem 98 zu blasen. Zusätzlich kann eine Systemsteuervorrichtung 92 verwendet werden, um das stöchiometrische Durchflussverhältnis zwischen dem Strom des heizwertarmen Brennstoffs 104 und dem sekundären Strom 88 zu regeln, indem die primäre und sekundäre Gasweiche mit variabler Geometrie 82, 84 betätigt werden.

### Patentansprüche

1. System (76, 108), das aufweist:  
 einen Abgaskanal (66), der eingerichtet ist, um Abgase (34) von einer Gasturbine (12) aufzunehmen;  
 einen primären Kanal (80), der eingerichtet ist, um einen primären Abgasstrom (86) der Abgase (34) aus dem Abgaskanal (66) aufzunehmen und den primären Abgasstrom (86) im Wesentlichen axial durch einen Abhitzedampferzeuger (32) zu leiten;  
 einen sekundären Kanal (90), der an seinem einen Ende mit dem Abgaskanal (66) und an seinem zweiten Ende mit dem primären Kanal (80) strömungsmäßig verbunden ist, wobei er einen Abschnitt des primären Kanals (80) umgeht, wobei der sekundäre Kanal (90) eingerichtet ist, um einen sekundären Abgasstrom (88) der Abgase (34) aus dem Abgaskanal (66) aufzunehmen;  
 eine primäre Gasweiche (82) mit variabler Geometrie, die eingerichtet ist, um den primären Abgasstrom (86) zu dem primären Kanal (80) zuzulassen und zu drosseln;  
 eine sekundäre Gasweiche (84) mit variabler Geometrie, die eingerichtet ist, um den sekundären Abgasstrom (88) zu dem sekundären Kanal (90) zuzulassen und zu drosseln;  
 ein Verbrennungssystem (98), das eingerichtet ist, um den sekundären Abgasstrom (88) in dem sekun-

dären Kanal (90) mit zumindest einer Brennstoffquelle (104) zu kombinieren, um den sekundären Abgasstrom (88) in dem sekundären Kanal (90) zu verbrennen und den erwärmten sekundären Abgasstrom (88) radial nach innen wieder in den primären Kanal (80) einzuspeisen;  
 ein Gebläse (96), das eingerichtet ist, um den sekundären Abgasstrom (88) durch das Verbrennungssystem (98) zu blasen;  
 ein System für erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel (100), das eingerichtet ist, um erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel dem sekundären Abgasstrom (88) in dem sekundären Kanal (90) hinzuzufügen, wobei das System für erwärmte Luft oder erwärmtes Oxidationsmittel (100) einen Wärmetauscher umfasst, der innerhalb des primären Kanals (80) angeordnet und eingerichtet ist, um die Luft oder das Oxidationsmittel hindurchzuleiten und durch den primären Abgasstrom (86) der Abgase (34) zu erwärmen; und  
 eine Steuervorrichtung (92), die eingerichtet ist, um das stöchiometrische Durchflussverhältnis zwischen der Brennstoffquelle (104) und dem sekundären Abgasstrom (88) durch Betätigung der primären und der sekundären Gasweiche (82, 84) mit variabler Geometrie zu steuern.

2. System (76, 108) nach Anspruch 1, wobei die Steuervorrichtung (92) eingerichtet ist, um den Durchfluss und die Zusammensetzung des sekundären Abgasstroms (88) in dem sekundären Kanal (90) auf der Basis von Emissionen des Verbrennungssystems (98) zu steuern.

3. System (76, 108) nach Anspruch 1, das einen zusätzlichen Luftinjektor umfasst, der eingerichtet ist, um dem sekundären Abgasstrom (88) in dem sekundären Kanal (90) Luft (94) hinzuzufügen.

4. System (76, 108) nach Anspruch 1, wobei die Gasweichen (82, 84) mit variabler Geometrie Jalouzie-Umlenkklappen, konvergierende/divergierende Düsenanordnungen oder eine Kombination dieser Elemente umfassen.

5. System (76, 108) nach Anspruch 1, das eine modulare Einheit umfasst, die für die Montage in einem Kanal (66, 80) zwischen der Gasturbine (12) und dem Abhitzedampferzeuger (32) eingerichtet ist, wobei die modulare Einheit umfasst: die primäre Gasweiche (82) mit variabler Geometrie, die sekundäre Gasweiche (84) mit variabler Geometrie, den primären Kanal (90), den sekundären Kanal (90), das Verbrennungssystem (98) oder eine Kombination dieser Elemente.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

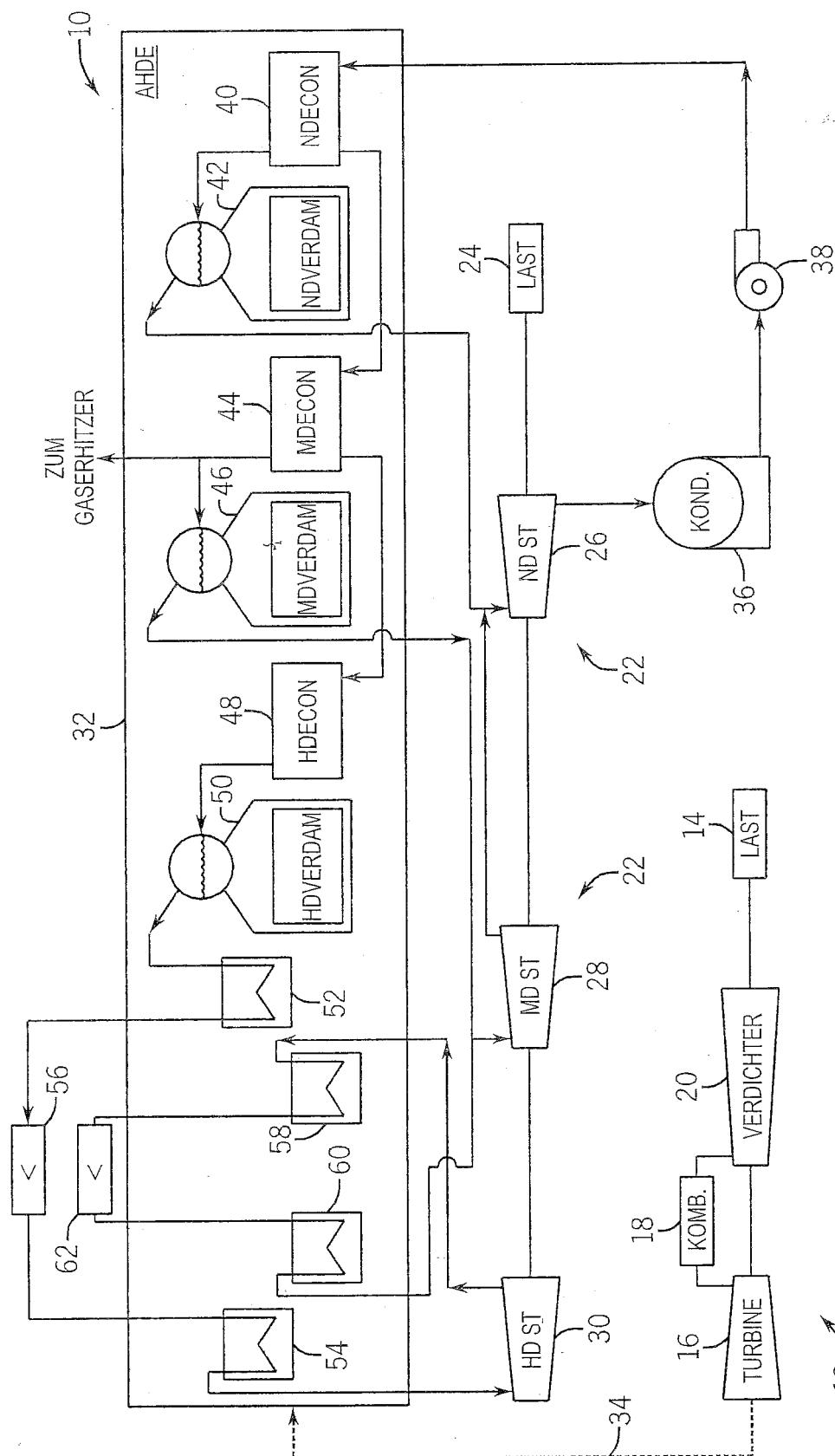


FIG. 1

(Stand der Technik)

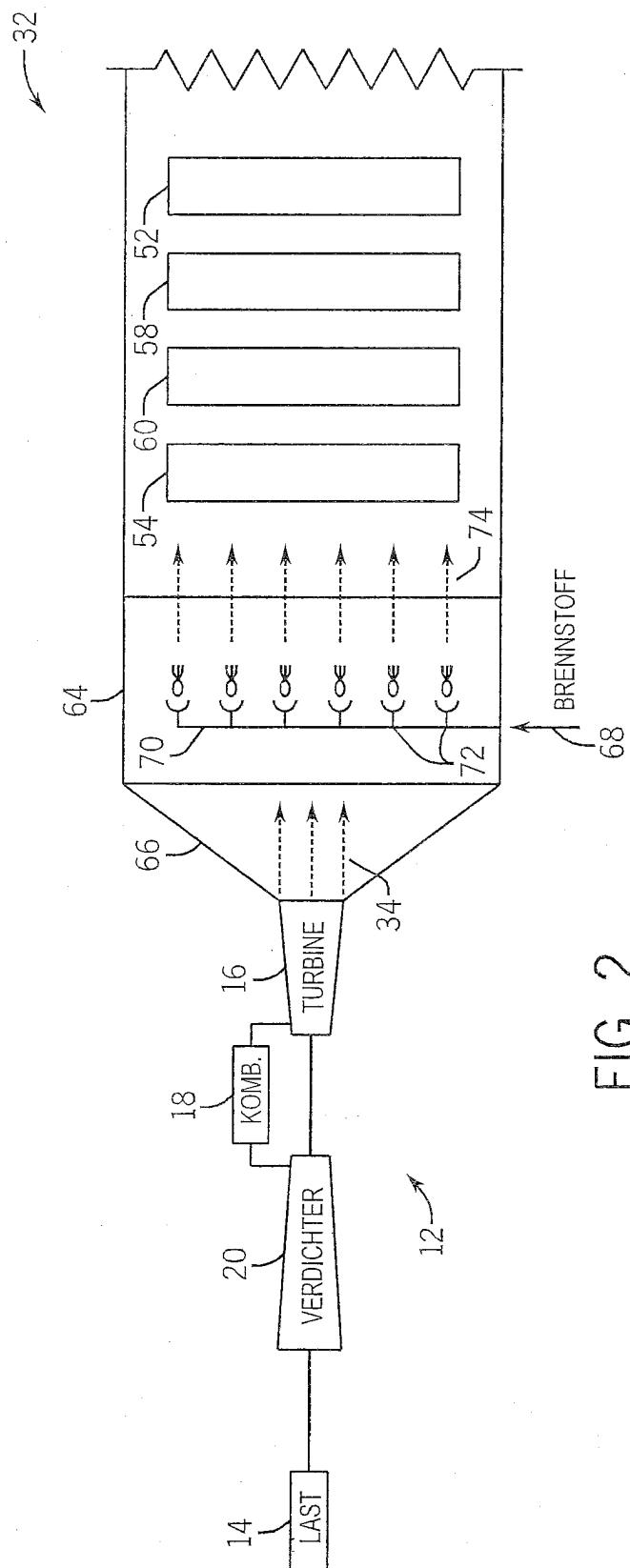
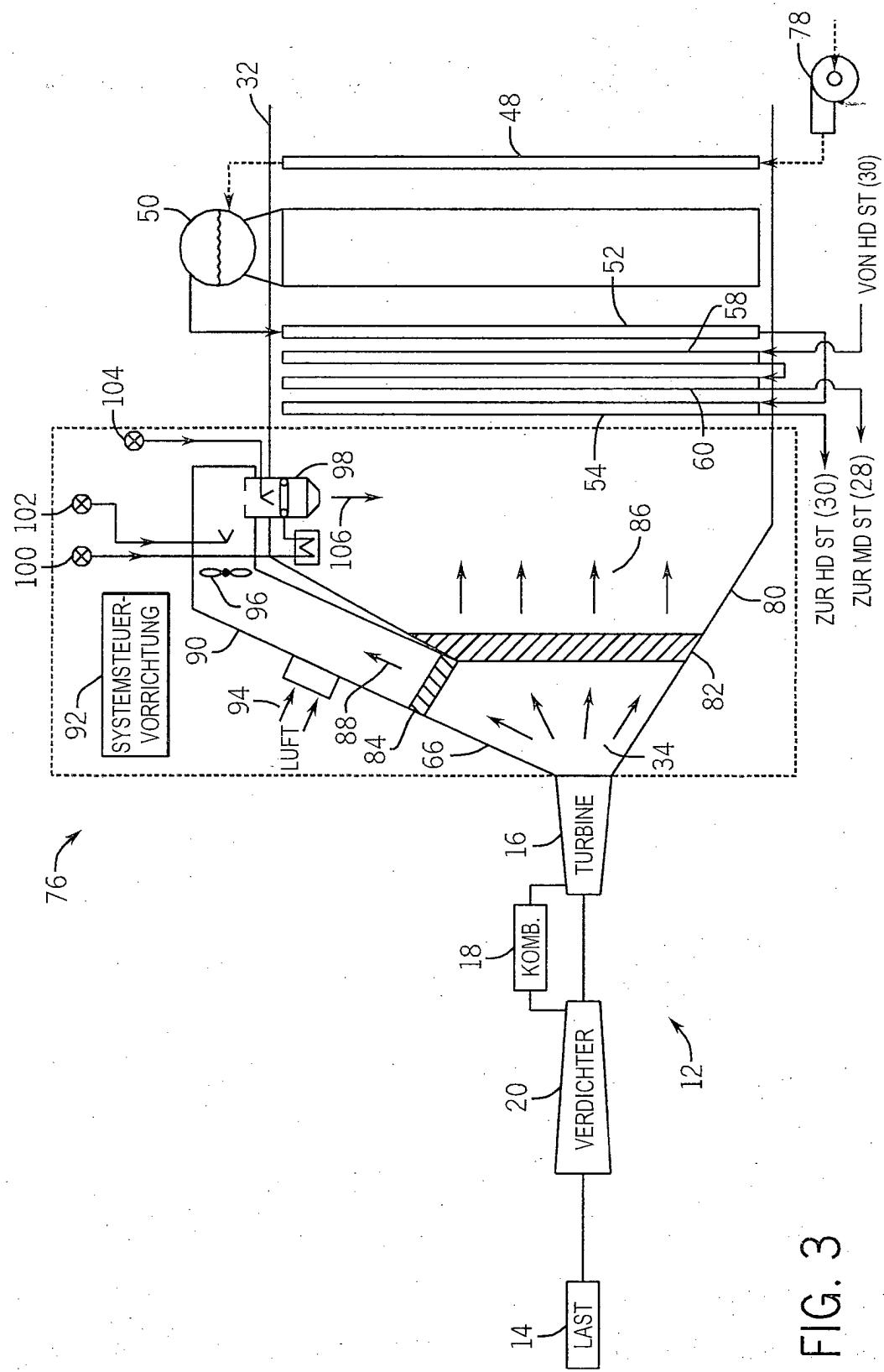


FIG. 2

(Stand der Technik)



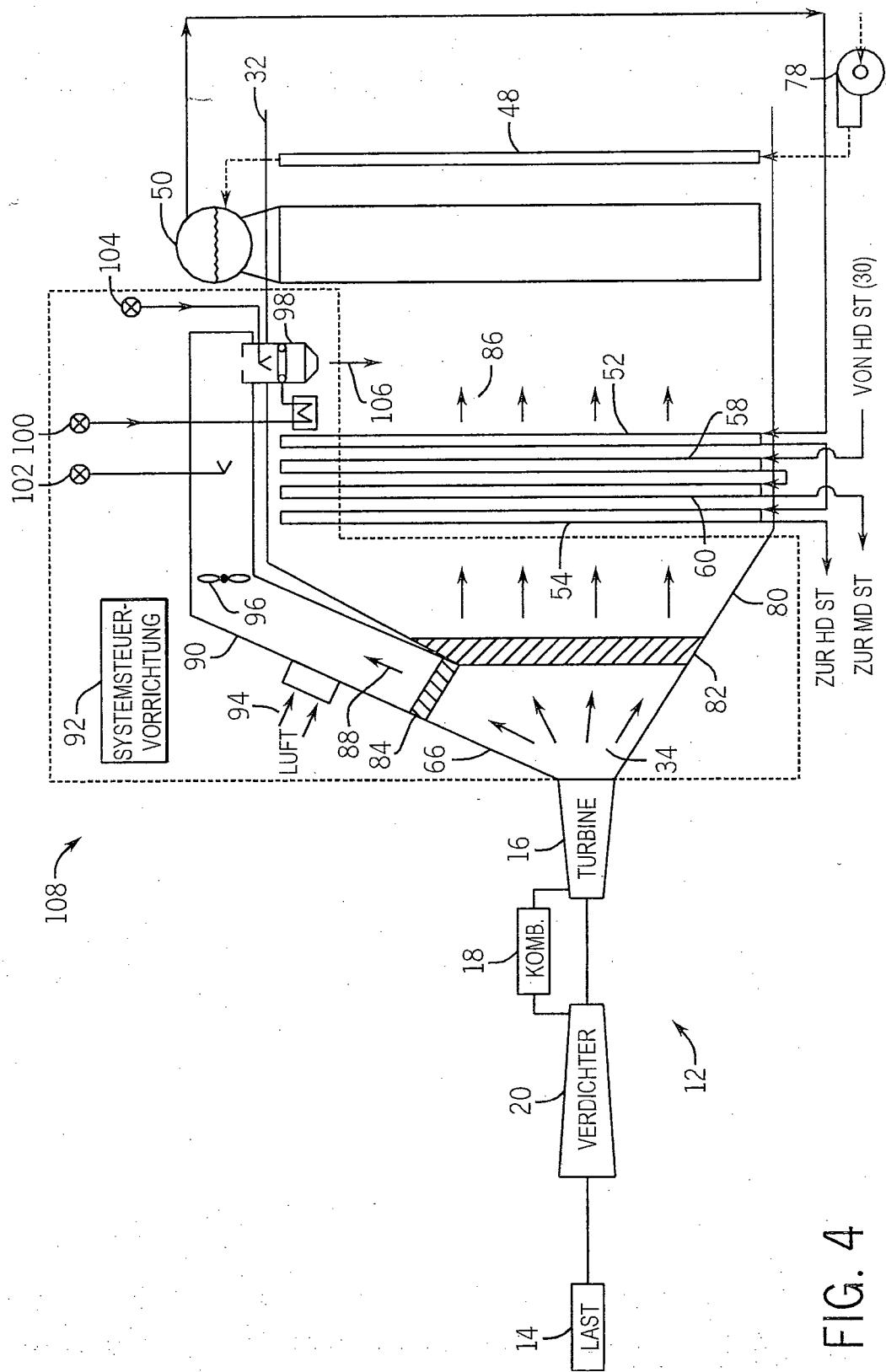


FIG. 4

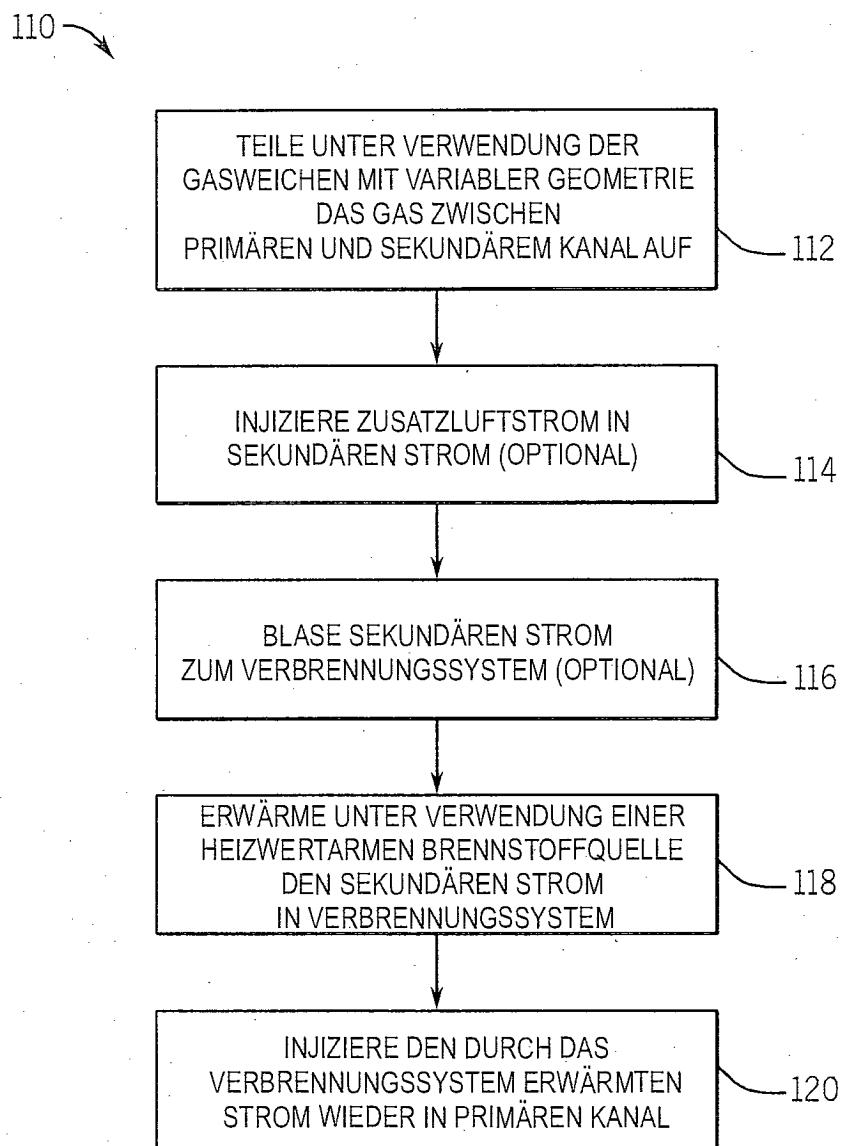


FIG. 5