

SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 697 918 A2**

(51) Int. Cl.: **F02C 3/34 (2006.01)**
F02C 3/28 (2006.01)
F02C 6/18 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01502/08

(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
12345 Schenectady, New York (US)

(22) Anmeldedatum: 22.09.2008

(72) Erfinder:
Ahmed Mostafa Elkady, Niskayuna, New York 12309 (US)
Andrei Tristan Evulet, Clifton Park, New York 12065 (US)

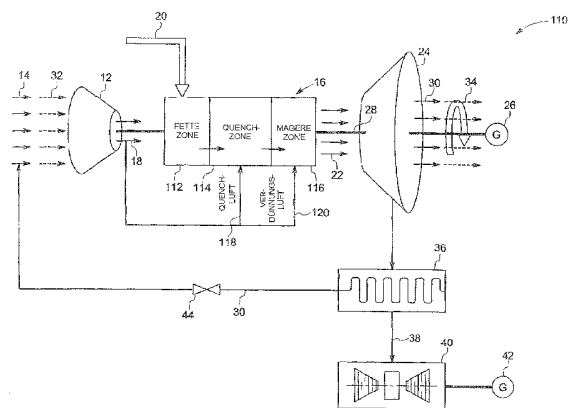
(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.03.2009

(30) Priorität: 28.09.2007 US 11/863,582

(74) Vertreter:
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4
8008 Zürich (CH)

(54) **Emissionsarmes Turbinensystem und Verfahren.**

(57) Es wird ein Turbinensystem (110) bereitgestellt. Das Turbinensystem umfasst einen Verdichter (12), konfiguriert, um Umgebungsluft (14) zu verdichten, und eine Brennkammer (16), konfiguriert, um verdichtete Luft aus dem Verdichter zu empfangen und einen Brennstoffstrom zu verbrennen, um ein Abgas zu erzeugen. Das Turbinensystem umfasst auch eine Turbine (24) zum Empfangen des Abgases aus der Brennkammer, um elektrischen Strom zu erzeugen; wobei ein erster Anteil (30) des Abgases mit der Umgebungsluft gemischt wird, um einen sauerstoffarmen Luftstrom (12) zu formen, und wobei der sauerstoffarme Luftstrom vom Verdichter verdichtet wird und zur Verbrennung des Brennstoffstroms in die Brennkammer (16) geleitet wird, um ein NO_x-armes Abgas zu erzeugen.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein Turbinensysteme und insbesondere emissionsarme Turbinensysteme und Verfahren.

[0002] Verschiedene Typen von Gasturbinensystemen sind bekannt und in Gebrauch. Zum Beispiel werden aeroderivative Gasturbinen für Anwendungen wie die Stromerzeugung, Schiffsantriebe, Gasverdichtung, Kraft-Wärme-Kopplung, Bohrinselformversorgung und so weiter eingesetzt. Typischerweise weisen die Gasturbinen einen Verdichter auf, um einen Luftstrom zu verdichten, und eine Brennkammer, die die verdichtete Luft mit Brennstoff kombiniert und das Gemisch entzündet, um ein Abgas zu erzeugen. Ferner wird das Abgas zur Stromerzeugung durch eine Turbine expandiert.

[0003] Typischerweise sind die Brennkammern für derartige Systeme ausgelegt, um Emissionen wie NO_x - und Kohlenmonoxid (CO)-Emissionen zu minimieren. In bestimmten traditionellen Systemen wird die magere vorgemischte Verbrennungstechnologie eingesetzt, um die Emissionen aus solchen Systemen zu reduzieren. Typischerweise werden NO_x -Emissionen geregelt, indem die Flammentemperatur in der Reaktionszone der Brennkammer reduziert wird. In Betrieb wird eine niedrige Flammentemperatur erreicht, indem Brennstoff und Luft vor der Verbrennung vorgemischt werden. Ferner werden bestimmte Gasturbinensysteme mit hohem Luftdurchfluss verwendet, was zu mageren Brennstoffgemischen mit einer Flammentemperatur führt, die niedrig genug ist, um die Bildung von NO_x zu reduzieren. Weil magere Flammen aber eine niedrige Flammentemperatur haben, führen sie zu hohen CO-Emissionen. Ferner wird das Betriebsfenster bei solchen Brennkammern sehr klein und die Brennkammern müssen von der mageren Verlöschgrenze entfernt betrieben werden. Deshalb ist es schwierig, die Vormischer, die in den Brennkammern eingesetzt werden, ausserhalb ihres Designraums zu betreiben.

[0004] Wenn ausreichend magere Flammen Leistungsänderungen, Strömungsstörungen oder Schwankungen in der in Brennstoffzusammensetzung ausgesetzt werden, können die resultierenden Äquivalenzverhältnisstörungen zudem den Verlust der Verbrennung verursachen. Solch ein Verlöschen kann in stationären Turbinen den Leistungsverlust und teure Ausfallzeiten bewirken.

[0005] Gewisse andere Systeme verwenden Nachverbrennungsregelungstechniken, um die Emissionen zu regeln. Zum Beispiel können selektive katalytische Reduktionstechniken (SCR) als zusätzliche Massnahme zur NO_x -Regelung verwendet werden. In einem SCR-Prozess kann ein gasförmiges oder flüssiges Reduktionsmittel wie z.B. Ammoniak direkt in das Abgas aus der Turbine eingespritzt werden, das dann einen Abgaskatalysator durchläuft, um mit NO_x zu reagieren. Das Reduktionsmittel wandelt die NO_x im Abgas in Stickstoff und Wasser um. Die Integration von zusätzlichen Komponenten wie z.B. eines katalytischen Reaktors für den SCR-Prozess stellt aber aufgrund der Kosten und der zusätzlichen Komplexität solcher Systeme eine Herausforderung dar.

[0006] Demnach besteht ein Bedarf nach einem Turbinensystem, das reduzierte Emissionen aufweist. Zudem wäre es wünschenswert, Verbrennungstechnologien bereitzustellen, die den Gesamtwirkungsgrad des Turbinensystems verbessern, ohne die thermische NO_x -Bildung entsprechend zu erhöhen.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0007] Kurz gesagt wird einer Ausführungsform entsprechend ein Turbinensystem bereitgestellt. Das Turbinensystem umfasst einen Verdichter, konfiguriert, um Umgebungsluft zu verdichten, und eine Brennkammer, konfiguriert, um Druckluft aus dem Verdichter zu empfangen und einen Brennstoffstrom zu verbrennen, um ein Abgas zu erzeugen. Das Turbinensystem umfasst auch eine Turbine zum Empfangen des Abgases aus der Brennkammer, um elektrischen Strom zu erzeugen; wobei ein erster Anteil des Abgases mit der Umgebungsluft gemischt wird, um einen sauerstoffarmen Luftstrom zu formen, und wobei der sauerstoffarme Luftstrom vom Verdichter verdichtet wird und zur Verbrennung des Brennstoffstroms in die Brennkammer geleitet wird, um ein NO_x -armes Abgas zu erzeugen.

[0008] Eine andere Ausführungsform umfasst ebenfalls ein Turbinensystem. Das Turbinensystem umfasst einen Verdichter, konfiguriert, um Umgebungsluft und mindestens einen Anteil eines Abgases zu verdichten, um einen verdichteten sauerstoffarmen Luftstrom zu formen. Das Turbinensystem umfasst auch eine Brennkammer, konfiguriert, um den verdichteten sauerstoffarmen Luftstrom aus dem Verdichter zu empfangen und einen Brennstoffstrom in einem Rich-Quench-Lean (RQL)-Verbrennungsmodus zu verbrennen, um das Abgas zu erzeugen. Das Turbinensystem umfasst auch eine Turbine zum Empfangen des Abgases aus der Brennkammer, um elektrischen Strom und ein NO_x -armes Abgas zu erzeugen, wobei ein erster Anteil des Abgases zum Verdichter rückgeführt wird, um den sauerstoffarmen Luftstrom zu erzeugen.

[0009] In einer anderen Ausführungsform wird ein integriertes Kohlevergasungs-Kombiprozess (IGCC)-System bereitgestellt. Das IGCC-System umfasst einen Gaserzeuger, konfiguriert, um aus Kohle einen Syngas-Brennstoff zu erzeugen, und ein Turbinensystem, das mit dem Gaserzeuger gekoppelt ist. Das Turbinensystem umfasst einen Verdichter, konfiguriert, um Umgebungsluft und mindestens einen Anteil eines Abgases zu verdichten, um einen verdichteten sauerstoffarmen Luftstrom zu formen. Das System umfasst ausserdem eine Brennkammer, konfiguriert, um den verdichteten sauerstoffarmen Luftstrom aus dem Verdichter zu empfangen und den Syngas-Brennstoff in einem RQL-Verbrennungsmodus zu verbrennen, um das Abgas zu erzeugen. Das System umfasst auch eine Turbine zum Empfangen des Abgases aus

der Brennkammer, um elektrischen Strom und ein NO_x-armes Abgas zu erzeugen, wobei ein erster Anteil des Abgases zum Verdichter rückgeführt wird, um den sauerstoffarmen Luftstrom zu formen.

[0010] In einer weiteren Ausführungsform wird ein Verfahren zum Betreiben eines Turbinensystems bereitgestellt. Das Verfahren umfasst das Erzeugen eines verdichteten Luftstroms, das Verbrennen des verdichteten Luftstroms mit einem Brennstoffstrom, um ein Abgas zu formen, und das Expandieren des Abgases, um elektrischen Strom zu erzeugen. Das Verfahren umfasst auch das Verdichten und Mischen eines ersten Anteils des Abgases mit einem Luftstrom, um einen sauerstoffarmen Luftstrom zu formen, und das Verbrennen des sauerstoffarmen Luftstroms mit dem Brennstoffstrom, um ein NO_x-armes Abgas zu erzeugen.

[0011] In einer anderen Ausführungsform wird ein Verfahren zur Senkung der Emissionen aus einem Turbinensystem bereitgestellt. Das Verfahren umfasst das Verdichten eines Luftstroms und mindestens eines Anteils eines Abgases, um einen sauerstoffarmen Luftstrom zu erzeugen, und das Verbrennen des sauerstoffarmen Luftstroms mit einem Brennstoffstrom in einem RQL-Modus, um ein NO_x-armes Abgas zu erzeugen. Das Verfahren umfasst auch das Expandieren des Abgases, um elektrischen Strom zu erzeugen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] Diese und andere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung gehen aus der folgenden ausführlichen Beschreibung in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen hervor, wobei gleiche Bezugszeichen in den Zeichnungen durchweg gleiche Teile darstellen, wobei:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines beispielhaften Turbinensystems in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik ist.
- Fig. 2 eine schematische Darstellung eines anderen beispielhaften Turbinensystems in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik ist.
- Fig. 3 eine schematische Darstellung einer beispielhaften Konfiguration des Turbinensystems von Fig. 2 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik ist.
- Fig. 4 eine schematische Darstellung einer beispielhaften Konfiguration des Turbinensystems von Fig. 1–3 mit einem RQL-Verbrennungsmodus in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik ist.
- Fig. 5 eine grafische Darstellung des Mischens und der Reaktion von Brennstoff und Luft in verschiedenen Verbrennungsmodi ist.
- Fig. 6 eine grafische Darstellung von beispielhaften Ergebnissen für NO_x ist, die von Turbinensystemen mit und ohne Verwendung der AGR- und RQL-Techniken erzeugt werden.
- Fig. 7 eine schematische Darstellung eines integrierten Kohlevergasungs-Kombiprozess (IGCC)-Systems in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik ist.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0013] Wie weiter unten ausführlich erläutert, sind Ausführungsformen der vorliegenden Technik geeignet, die Emissionen in Turbinensystemen zu reduzieren, und Verbrennungstechnologien bereitzustellen, um den Gesamtwirkungsgrad der Turbinensysteme zu verbessern, wobei sie die NO_x-Bildung reduzieren. In einigen der spezifischen Ausführungsformen schliesst die vorliegende Technik die Verwendung der Abgasrückführung (AGR) zusammen mit einem Rich-Quench-Lean (RQL)-Verbrennungsmodus ein, um Emissionen wie z.B. NO_x zu minimieren.

[0014] Nun auf die Zeichnungen und zuerst auf Fig. 1 Bezug nehmend, wird ein Turbinensystem 10 dargestellt. Das Turbinensystem 10 umfasst einen Verdichter 12, der konfiguriert ist, um Umgebungsluft 14 zu verdichten. Ferner umfasst das Turbinensystem 10 eine Brennkammer 16, die in Strömungsverbindung mit dem Verdichter 12 ist. Die Brennkammer 16 ist konfiguriert, um Druckluft 18 aus dem Verdichter 12 zu empfangen und einen Brennstoffstrom 20 zu verbrennen, um ein Abgas 22 zu erzeugen. In einer beispielhaften Ausführungsform schliesst die Brennkammer 16 eine Dry Low Emission (DLE)- oder eine Dry Low NO_x (DLN)-Brennkammer ein. Zusätzlich umfasst das Turbinensystem 10 eine erste Turbine 24, die hinter der Brennkammer 16 liegt. Die Turbine 24 ist konfiguriert, um das Abgas 22 zu expandieren und eine externe Last wie z. B. einen Generator 26 zur Stromerzeugung anzutreiben. In der dargestellten Ausführungsform wird der Verdichter 12 über eine Welle 28 durch die von der Turbine 24 erzeugte Leistung angetrieben.

[0015] In dieser beispielhaften Ausführungsform wird ein erster Anteil 30 des Abgases 22 mit der Umgebungsluft 14 gemischt, um einen sauerstoffarmen Luftstrom 32 zu formen. In bestimmten Ausführungsformen umfasst der erste Anteil 30 etwa 35% bis etwa 50% des von der Turbine 24 erzeugten Abgases. In einer beispielhaften Ausführungsform enthält der sauerstoffarme Luftstrom weniger als etwa 13 Volumen-% Sauerstoff. Ferner wird das sauerstoffarme Gemisch aus Luft und Abgas, nachstehend als sauerstoffarmer Luftstrom 32 bezeichnet, vom Verdichter 12 verdichtet und zur Verbrennung

des Brennstoffstroms 20 in die Brennkammer 16 geleitet, um ein NO_x-armes Abgas 34 zu erzeugen. Das heisst, die Verbrennung des Brennstoffstroms 20 mit dem sauerstoffarmen Luftstrom 32 erleichtert die Senkung der Flammentemperatur, wodurch NO_x reduziert werden. Zusätzlich erlaubt die Verbrennung des Brennstoffstroms 20 mit dem sauerstoffarmen Luftstrom 32 die brennstoffreiche Verbrennung, was zu einer weiteren NO_x-Reduktion führt.

[0016] Hierin bezieht sich der Ausdruck «brennstoffreiche Verbrennung» auf die Verbrennung des Brennstoffstroms 20 und der Luft 32, wobei ein Äquivalenzverhältnis oder ein Brennstoff/Oxidationsmittel-Verhältnis grösser als etwa 1 ist. In einer beispielhaften Ausführungsform weist der NO_x-arme Abgasstrom 34 einen NO_x-Gehalt kleiner als etwa 30 ppm auf. In manchen Ausführungsformen weist der NO_x-arme Abgasstrom 34 einen NO_x-Gehalt kleiner als etwa 5 ppm auf.

[0017] In dieser Ausführungsform umfasst das Turbinensystem 10 einen Wärmerückgewinnungsdampferzeuger (HRSG) 36, konfiguriert, um das Abgas 30 aus der Turbine 24 zur Erzeugung von Dampf 38 zu empfangen. Ferner umfasst das Turbinensystem 10 eine zweite Turbine wie z. B. eine Dampfturbine 40, um mit dem Dampf 38 aus dem HRSG 36 durch einen Generator 42 zusätzlichen Strom zu erzeugen. In der dargestellten Ausführungsform umfasst das Turbinensystem 10 ein AGR-Ventil 44, um einen Strom des ersten Anteils 30 des Abgases aus dem HRSG 36 zum Verdichter 12 zu regeln. Ferner wird der sauerstoffarme Luftstrom 32 in der Brennkammer 16 mit dem Brennstoffstrom 20 in einem RQL-Verbrennungsmodus verbrannt. Der RQL-Verbrennungsmodus wird weiter unten Bezug nehmend auf Fig. 4 und 5 ausführlich beschrieben.

[0018] Fig. 2 ist eine schematische Darstellung eines anderen beispielhaften Turbinensystems 60 in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Technik. Wie Bezug nehmend auf Fig. 1 erläutert, wird ein erster Anteil 31 des Abgases 30 aus dem HRSG 36 mit der Umgebungsluft 14 gemischt, um den sauerstoffarmen Luftstrom 32 zu formen. Anschliessend wird der sauerstoffarme Luftstrom 32 durch den Verdichter 12 verdichtet und zur Verbrennung des Brennstoffstroms 20 in die Brennkammer 16 geleitet, um ein NO_x-armes Abgas 34 zu erzeugen. In dieser beispielhaften Ausführungsform wird ein zweiter Anteil 62 des Abgases aus dem HRSG 36 in eine Kohlendioxidfalle 64 geleitet. Es ist anzumerken, dass der erste Anteil 30 des Abgases Kohlendioxid enthält. Wenn der Anteil 30 mit Umgebungsluft 14 gemischt und in der Brennkammer 16 verbrannt wird, nimmt daher die Gesamtkohlendioxidkonzentration an der Kohlendioxidfalle 64 zu. Es ist anzumerken, dass manchmal gleiche Bezugszeichen benutzt werden, um ein Gas in verschiedenen Schritten im Prozess zu zeigen. Ein Stromteiler 66 kann verwendet werden, um die ersten und zweiten Anteile 30 und 62 aus dem HRSG zu teilen.

[0019] Fig. 3 ist eine schematische Darstellung einer beispielhaften Konfiguration 80 des Turbinensystems 60 von Fig. 2. Wie auf Fig. 1 und 2 Bezug nehmend erläutert, wird der erste Anteil 30 des Abgases aus dem HRSG 36 durch einen Mischer 82 mit der Umgebungsluft 14 gemischt, um den sauerstoffarmen Strom 32 zu formen. Ferner wird der zweite Anteil 62 des Abgases aus dem HRSG 36 in die Kohlendioxidfalle 64 geleitet. In bestimmten Ausführungsformen kann der erste Anteil 30 des Abgases konditioniert werden, bevor er mit der Umgebungsluft 14 gemischt wird, um den sauerstoffarmen Luftstrom 32 zu formen. Insbesondere kann der erste Anteil 30 des Abgases gekühlt, berieselt und durch Entziehen des Kondenswassers getrocknet werden, bevor er mit der Umgebungsluft 14 gemischt wird.

[0020] In Betrieb wird das Abgas 30 aus der Turbine 24 zum HRSG 36 geleitet. Der erste Anteil 30 des Abgases kann zu einem Gebläse 84 geleitet und dann zu einem Wasser-Quenchsystem 86 geleitet werden. Ferner kann das Abgas 30 durch ein Reinigungselement 88 geleitet werden, um Verunreinigungen aus dem Gas zu entfernen. Das gereinigte Abgas 30 kann dann in einen Kühler/Verflüssiger 90 geleitet werden, bevor das Gas in den Verdichter 12 eingeleitet wird. In bestimmten Ausführungsformen kann eine Kondensatreinigungseinheit 92 zur Säureentfernung aus dem Abgas 30 verwendet werden. Ferner kann das konditionierte Abgas 94 dann mit der Umgebungsluft 14 gemischt werden, um den sauerstoffarmen Strom 32 zu formen. In bestimmten Ausführungsformen kann ein Anteil 96 des konditionierten Abgases 94 in einen Notschornstein geleitet werden.

[0021] Wie oben erläutert, wird der sauerstoffarme Luftstrom 32 mit dem Brennstoffstrom 20 in der Brennkammer 16 in einem RQL-Verbrennungsmodus verbrannt. Fig. 4 ist eine schematische Darstellung einer beispielhaften Konfiguration 110 des Turbinensystems von Fig. 1–3 mit dem RQL-Verbrennungsmodus. In dieser beispielhaften Ausführungsform umfasst die Brennkammer 16 eine fette Zone 112, konfiguriert, um die brennstoffreiche Verbrennung des Brennstoffstroms 20 zu erlauben, und eine Quenchzone 114, konfiguriert, um die Umwandlung der brennstoffreichen Verbrennung in eine brennstoffarme Verbrennung des Brennstoffstroms 20 zu erlauben.

[0022] Hierin bezieht sich der Ausdruck «brennstoffarme Verbrennung» auf die Verbrennung des Brennstoffstroms 20 und der Luft 32, wobei ein Äquivalenzverhältnis oder ein Brennstoff/Oxidationsmittel-Verhältnis kleiner als etwa 1 ist. Ferner umfasst die Brennkammer 16 eine magere Zone 116, konfiguriert, und die brennstoffarme Verbrennung des Brennstoffstroms 20 zu erlauben. In bestimmten Ausführungsformen werden etwa 60% bis etwa 90% des sauerstoffarmen Luftstroms 32 mit dem Brennstoffstrom 20 gemischt und in die fette Zone 112 eingeleitet, um die brennstoffreiche Verbrennung des Brennstoffstroms 20 zu erleichtern.

[0023] In Betrieb wird der sauerstoffarme Strom 32 in der fetten Zone 112 verbrannt, um die brennstoffreiche Verbrennung zu erlauben, die die Verbrennung unter sauerstoffarmen Bedingungen erleichtert, was zu Reduktion in der NO_x-Bildung führt. Das heisst, die unvollständige Verbrennung unter brennstoffreichen Bedingungen in der fetten Zone 112 erzeugt eine Atmosphäre mit einer hohen Konzentration an Kohlenmonoxid (CO) und unverbrannten Kohlenwasserstoffen. Überdies wird das Vorhandensein von Sauerstoff in der fetten Zone 112 minimiert. Dadurch wird die Umwandlung von Stickstoff in

NO_x minimiert. Zudem wird durch niedrigere Spitzentemperaturen, die auf die unvollständige Verbrennung zurückzuführen sind, auch die Entstehung von thermischen NO_x reduziert.

[0024] Ferner werden die teilweise verbrannten Verbrennungsgase aus der fetten Zone 112 dann in der Quenchzone 114 einer Verdünnung unterzogen. In manchen Ausführungsformen kann Quenchluft 118 aus dem Verdichter 12 zur Verdünnung der teilweise verbrannten Verbrennungsgase in die Quenchzone 114 eingeleitet werden. Ferner kann in bestimmten Ausführungsformen Verdünnungsluft 120 in die magere Zone 116 eingeleitet werden, um die brennstoffarme Verbrennung des Brennstoffstroms 20 zu erleichtern.

[0025] Fig. 5 ist eine qualitative grafische Darstellung der Mischung und Reaktion von Brennstoff und Luft in verschiedenen Verbrennungsmodi. Die Abszissenachse 122 stellt ein Äquivalenzverhältnis (D) dar, das die Brennstoffmischung mit Luft angibt. In dieser beispielhaften Ausführungsform stellen Ziffern wie 0 und 1, die auf der Achse 122 angegeben sind, die Massenfraktion des Brennstoffs in der Luft dar. Die Ordinatenachse 124 stellt eine Temperatur dar, die die chemische Reaktion in verschiedenen Verbrennungsmodi anzeigt. Wie dargestellt, durchläuft der Reaktionsfluss im nicht vorgemischten Verbrennungsmodus 126 ein Äquivalenzverhältnis $\#$ von etwa 1.0 und weist eine Anfangstemperatur T_0 auf. Ferner erreicht der Reaktionsfluss eine Höchsttemperatur $\# = \#_{\text{stoic}}$ bei einem Äquivalenzverhältnis $\# = \#_{\text{stoic}}$ bis zur Endzusammensetzung $\# = \#_{\text{final}}$ und -temperatur $T = T_{\text{final}}$. In dieser Ausführungsform stellt die Zone 128 in der Nähe der Höchsttemperatur T_{stoic} die Region dar, wo die NO-Erzeugung am grössten ist. Im RQL-Verbrennungsmodus, der allgemein durch das Bezugszeichen 130 dargestellt wird, werden brennstoffreiche Produkte schnell mit Luft gemischt (wie durch die Mischkurve 129 angezeigt), um zu reagieren und $\# = \#_{\text{final}}$, $T = T_{\text{final}}$ zu erreichen. Es ist anzumerken, dass die Flammentemperatur im brennstoffreichen Verbrennungsmodus reduziert würde, was eine reduzierte NO_x -Bildung zur Folge hat. Ferner wird im brennstoffarmen Verbrennungsmodus die Verbrennung mit zusätzlichem Oxidationsmittel abgeschlossen, und um CO zu CO_2 auszubrennen, wodurch die Brennkammeraustrittstemperatur auf einen Sollpegel T_{final} erhöht wird.

[0026] Vorteilhafterweise erlaubt die Technik der Abgasrückführung in Verbindung mit der RQL-Verbrennung eine wesentliche Reduktion in der NO_x -Bildung. Fig. 6 ist eine grafische Darstellung der beispielhaften Ergebnisse 140 für von Turbinensystemen erzeugte NO_x mit und ohne Verwendung der oben beschriebenen AGR- und RQL-Techniken. Die Abszissenachse 142 stellt das Brennstoff/Oxidationsmittel-Verhältnis oder ein Äquivalenzverhältnis dar, und die Ordinatenachse 144 stellt die in ppm gemessenen NO_x -Pegel dar, die von Turbinensystemen erzeugt werden. Die Ergebnisse der Turbinensysteme ohne Verwendung der AGR- und RQL-Konzepte werden durch das Profil 146 dargestellt. Ferner werden die Ergebnisse des Turbinensystems mit den oben beschriebenen AGR- und RQL-Techniken durch das Profil 148 dargestellt. In dieser beispielhaften Ausführungsform zeigt das Profil 148 die Ergebnisse für die NO_x -Bildung bei einem Turbinensystem mit etwa 45% AGR, wobei die Sauerstoffkonzentration auf etwa 14,8% reduziert ist. Wie zu ersehen ist, sind die NO_x -Pegel aus dem Turbinensystem mit der EGR- und RQL-Verbrennung jenseits eines bestimmten Äquivalenzverhältnisses, das von Interesse ist, wesentlich kleiner als die NO_x -Pegel vom Turbinensystem ohne Verwendung der EGR- und RQL-Verbrennung.

[0027] Fig. 7 ist eine schematische Darstellung eines integrierten Kohlevergasungs-Kombiprozess (IGCC)-System 160, das mit Aspekten der vorliegenden Technik übereinstimmt. Das IGCC-System 160 umfasst einen Gaserzeuger 162 und ein Turbinensystem 164, das mit dem Gaserzeuger 162 gekoppelt ist. Darüber hinaus umfasst das IGCC-System 160 eine Dampfturbine 168, die mit dem Turbinensystem 164 gekoppelt und konfiguriert ist, um elektrische Energie zu erzeugen, indem sie die Abgaswärme aus dem Turbinensystem 164 nutzt.

[0028] In Betrieb empfängt der Gaserzeuger 162 einen Brennstoff-Ausgangsstoff 170 zusammen mit Sauerstoff 172, der typischerweise vor Ort in einer Luftzerlegungsanlage (nicht gezeigt) hergestellt wird. In der dargestellten Ausführungsform schliesst der Brennstoff-Ausgangsstoff 170 Kohle ein. In anderen Ausführungsformen kann der Brennstoff-Ausgangsstoff 170 Brennstoffe mit niedrigem Heizwert (LVF) umfassen. Beispiele schliessen Kohle, Biomasse, Abfälle, Ölsände, kommunalen Hausmüll, Koks und dergleichen ein. Der Brennstoff-Ausgangsstoff 170 und der Sauerstoff 172 werden im Gaserzeuger 162 zur Reaktion gebracht, um Synthesegas (Syngas) 174 zu erzeugen, das mit Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H_2) angereichert wird. Zudem werden Ausgangsstoff-Mineralien in ein Schlackenprodukt 176 umgewandelt, das in Strassenbettungen, Deponieabdeckungen und anderen Anwendungen verwendet werden kann.

[0029] Das vom Gaserzeuger 162 erzeugte Syngas 174 wird in eine Gaskühl- und reinigungseinheit 178 geleitet, wo das Syngas 174 gekühlt wird und Verunreinigungen 180 entfernt werden, um gereinigtes Syngas 182 zu erzeugen. In der dargestellten Ausführungsform schliessen die Verunreinigungen 180 zum Beispiel Schwefel, Quecksilber oder Kohlendioxid ein. Ferner wird das gereinigte Syngas 182 im Turbinensystem 164 verbrannt, um elektrische Energie zu erzeugen. In dieser beispielhaften Ausführungsform wird ein Zuluftstrom 184 durch einen Verdichter 186 verdichtet, und die verdichtete Luft wird zur Verbrennung des Syngases 182 aus dem Gaserzeuger 162 in eine Brennkammer 188 geleitet. Ferner wird der Brennkammergasstrom aus der Brennkammer 188 durch eine Turbine 190 expandiert, um einen Generator 192 zur Erzeugung von elektrischer Energie 194 anzutreiben, die zur weiteren Verwendung in ein Stromversorgungsnetz 196 eingespeist werden kann.

[0030] In der dargestellten Ausführungsform werden Abgase 198 aus dem Turbinensystem 164 in einen Wärmerückgewinnungsdampferzeuger (HRSG) 200 geleitet und zum Sieden von Wasser genutzt, um Dampf 202 für die Dampfturbine 168 zu erzeugen. Ferner kann in bestimmten Ausführungsformen Wärme 204 aus der Dampfturbine 168 mit dem HRSG 200 gekoppelt werden, um den Wirkungsgrad des HRSG 200 zu erhöhen. Zusätzlich kann ein Anteil Dampf 206 aus dem

HRS 200 in den Gaserzeuger 162 eingeleitet werden, um das H₂/CO-Verhältnis des erzeugten Syngases 174 aus dem Gaserzeuger 162 zu regeln. Die Dampfturbine 168 treibt einen Generator 208 zum Erzeugen von elektrischer Energie 194 an, die wieder zur weiteren Verwendung in das Stromversorgungsnetz 196 eingespeist werden kann.

[0031] In der dargestellten Ausführungsform wird ein Anteil 210 des Abgases 198 mit der Umgebungsluft 184 gemischt, um einen sauerstoffarmen Luftstrom 212 zu formen. In dieser beispielhaften Ausführungsform weist der sauerstoffarme Luftstrom weniger als etwa 12% Sauerstoff auf. Ferner wird der sauerstoffarme Luftstrom 212 durch den Verdichter 186 verdichtet. Der verdichtete sauerstoffarme Luftstrom 212 wird dann wie oben auf Fig. 4–5 Bezug nehmend beschrieben im RQL-Verbrennungsmodus mit dem Syngas-Brennstoff 182 verbrannt, um ein NO_x-armes Abgas zu erzeugen. In bestimmten Ausführungsformen weist das NO_x-arme Abgas einen NO_x-Gehalt kleiner als etwa 30 ppm auf. Ein AGR-Ventil 214 kann verwendet werden, um den Strom der Abgase 210 zum Verdichter 186 zu regeln. Zudem kann die Brennkammer 164, wie oben beschrieben, jeweils die fetten, Quench- und mageren Zonen 112, 114 und 116 (siehe Fig. 4) aufweisen, um den RQL-Verbrennungsmodus zu erleichtern. Zusätzlich kann ein zweiter Anteil 62 des Abgases in eine Kohlendioxidfalle 64 geleitet werden, wie Bezug nehmend auf Fig. 2 beschrieben. Ferner kann das Abgas 210 in bestimmten Ausführungsformen in einen Notschornstein 216 geleitet werden.

[0032] Die verschiedenen Aspekte des oben beschriebenen Verfahrens sind in verschiedenen Anwendungen wie z. B. CO₂-Abscheidungs- und Speicherungsanlagen, emissionsarmen Gasturbinen und IGCC-Systemen von Nutzen. Wie oben erwähnt, wendet die Technik die Abgasrückführung und den RQL-Verbrennungsmodus an, um die NO_x-Bildung von solchen Systemen wesentlich zu reduzieren. Vorteilhafterweise erhöht die Technik den Gesamtwirkungsgrad des Turbinensystems und von CO₂-Abscheidungs- und Speicherungsanlagen, die die thermische NO_x-Bildung entsprechend zu erhöhen. Ferner beseitigt die Technik die Notwendigkeit zusätzlicher Komponenten wie z.B. eines katalytischen Reaktors zur Senkung der NO_x-Pegel in bestehenden Turbinensystemen, wodurch sie die Kosten solcher Systeme senkt.

[0033] Auch wenn hierin nur bestimmte Merkmale der Erfindung veranschaulicht und beschrieben wurden, werden dem Fachmann viele Modifikationen und Änderungen einfallen. Daher versteht es sich, dass die beiliegenden Ansprüche alle Modifikationen und Änderungen einschließen, die im Geiste der Erfindung liegen.

[0034]

Patentansprüche

1. Turbinensystem (10), umfassend:
 - einen Verdichter (12), konfiguriert, um Umgebungsluft (14) zu verdichten;
 - eine Brennkammer (16), konfiguriert, um Druckluft (18) aus dem Verdichter (12) zu empfangen und einen Brennstoffstrom (20) zu verbrennen, um ein Abgas (22) zu erzeugen; und
 - eine Turbine (24) zum Empfangen des Abgases (22) aus der Brennkammer (16), um elektrischen Strom zu erzeugen; wobei ein erster Anteil des Abgases (22) mit der Umgebungsluft gemischt wird, um einen sauerstoffarmen Luftstrom (32) zu formen, und wobei der sauerstoffarme Luftstrom (32) vom Verdichter verdichtet wird (12) und zur Verbrennung des Brennstoffstroms (20) in die Brennkammer (16) geleitet wird, um ein NO_x-armes Abgas (34) zu erzeugen.
2. Turbinensystem (10) nach Anspruch 1, wobei der erste Anteil des Abgases etwa 35% bis etwa 50% des Abgases enthält, das von der Turbine (24) erzeugt wird.
3. Turbinensystem (10) nach Anspruch 1, wobei die Brennkammer (16) konfiguriert ist, um den Brennstoffstrom (20) in einem RQL-Verbrennungsmodus zu verbrennen.
4. Turbinensystem (10) nach Anspruch 3, wobei die Brennkammer (16) umfasst:
 - eine fette Zone (112), konfiguriert, um die brennstoffreiche Verbrennung des Brennstoffstroms (20) zu erlauben;
 - eine Quenchzone (114), konfiguriert, um die Umwandlung der brennstoffreichen Verbrennung in eine brennstoffarme Verbrennung des Brennstoffstroms zu erlauben (20); und
 - eine magere Zone (116), konfiguriert, um die brennstoffarme Verbrennung des Brennstoffstroms (20) zu erlauben.
5. Turbinensystem (10) nach Anspruch 4, wobei etwa 60% bis etwa 90% des sauerstoffarmen Luftstroms (32) mit dem Brennstoffstrom gemischt werden und in die fette Zone eingeleitet werden, um die brennstoffreiche Verbrennung zu erleichtern.
6. Turbinensystem (10), umfassend:
 - einen Verdichter (12), konfiguriert, um Umgebungsluft (14) und mindestens einen Anteil eines Abgases (30) zu verdichten, um einen verdichteten sauerstoffarmen Luftstrom zu formen;
 - eine Brennkammer (16), konfiguriert, um den verdichteten sauerstoffarmen Luftstrom aus dem Verdichter (12) zu empfangen und einen Brennstoffstrom (20) in einem RQL-Verbrennungsmodus zu verbrennen, um das Abgas zu erzeugen; und
 - eine Turbine (24) zum Empfangen des Abgases aus der Brennkammer (16), um elektrischen Strom und ein NO_x-armes Abgas zu erzeugen; wobei ein erster Anteil des Abgases zum Verdichter rückgeführt wird, um den sauerstoffarmen Luftstrom (32) zu formen.
7. Integriertes Kohlevergasungs-Kombiprozess (IGCC)-System (160), umfassend:
 - einen Gaserzeuger (162), konfiguriert, um aus Kohle einen Syngas-Brennstoff zu erzeugen; und

ein Turbinensystem (10), das mit dem Gaserzeuger (162) gekoppelt ist, und umfassend, einen Verdichter (12), konfiguriert, um Umgebungsluft und mindestens einen Anteil eines Abgases zu verdichten, um einen verdichteten sauerstoffarmen Luftstrom zu formen;

eine Brennkammer (16), konfiguriert, um den verdichteten sauerstoffarmen Luftstrom aus dem Verdichter zu empfangen und den Syngas-Brennstoff in einem RQL-Verbrennungsmodus zu verbrennen, um das Abgas zu erzeugen; und eine Turbine (24) zum Empfangen des Abgases aus der Brennkammer, um elektrischen Strom und ein NO_x-armes Abgas zu erzeugen; wobei ein erster Anteil des Abgases zum Verdichter rückgeführt wird, um den sauerstoffarmen Luftstrom zu formen.

8. Verfahren zum Betreiben eines Turbinensystems, umfassend:
 - das Erzeugen eines verdichteten Luftstroms;
 - das Verbrennen des verdichteten Luftstroms mit einem Brennstoffstrom, um ein Abgas zu formen;
 - das Expandieren des Abgases, um elektrischen Strom zu erzeugen;
 - das Verdichten und Mischen eines ersten Anteils des Abgases mit dem Luftstrom, um einen sauerstoffarmen Luftstrom zu formen; und
 - das Verbrennen des sauerstoffarmen Luftstroms mit dem Brennstoffstrom, um ein NO_x-armes Abgas zu erzeugen.
9. Verfahren zur Senkung der Emissionen aus einem Turbinensystem, umfassend:
 - das Verdichten eines Luftstroms und mindestens eines Anteils eines Abgases, um einen sauerstoffarmen Luftstrom zu erzeugen;
 - das Verbrennen des sauerstoffarmen Luftstroms mit einem Brennstoffstrom in einem RQL-Modus, um ein NO_x-armes Abgas zu erzeugen; und
 - das Expandieren des Abgases, um elektrischen Strom zu erzeugen.
10. Turbinensystem, umfassend:
 - einen Verdichter, konfiguriert, um Umgebungsluft und mindestens einen Anteil eines Abgases zu verdichten, um einen verdichteten sauerstoffarmen Luftstrom zu formen;
 - eine Dry Low Emission (DLE)-Brennkammer, konfiguriert, um den verdichteten sauerstoffarmen Luftstrom aus dem Verdichter zu empfangen und einen Brennstoffstrom in einem RQL-Verbrennungsmodus zu verbrennen, um das Abgas zu erzeugen;
 - eine Turbine zum Empfangen des Abgases aus der Brennkammer, um elektrischen Strom und ein NO_x-armes Abgas zu erzeugen; wobei ein erster Anteil des Abgases zum Verdichter rückgeführt wird, um den sauerstoffarmen Luftstrom zu formen; und
 - einen Wärmerückgewinnungsdampferzeuger (HRSG), konfiguriert, um das Abgas aus der Turbine zur Dampferzeugung zu empfangen.

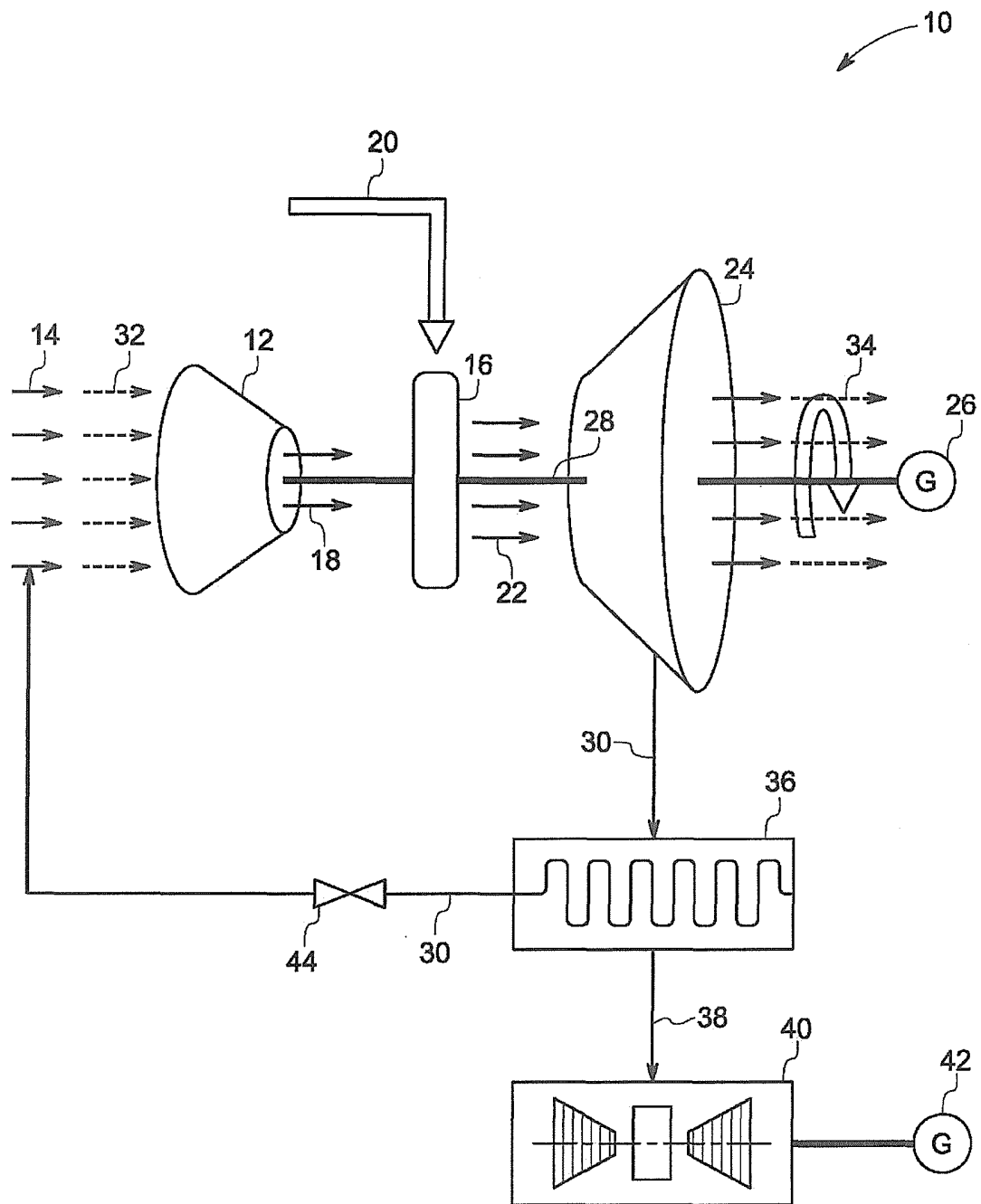


FIG. 1

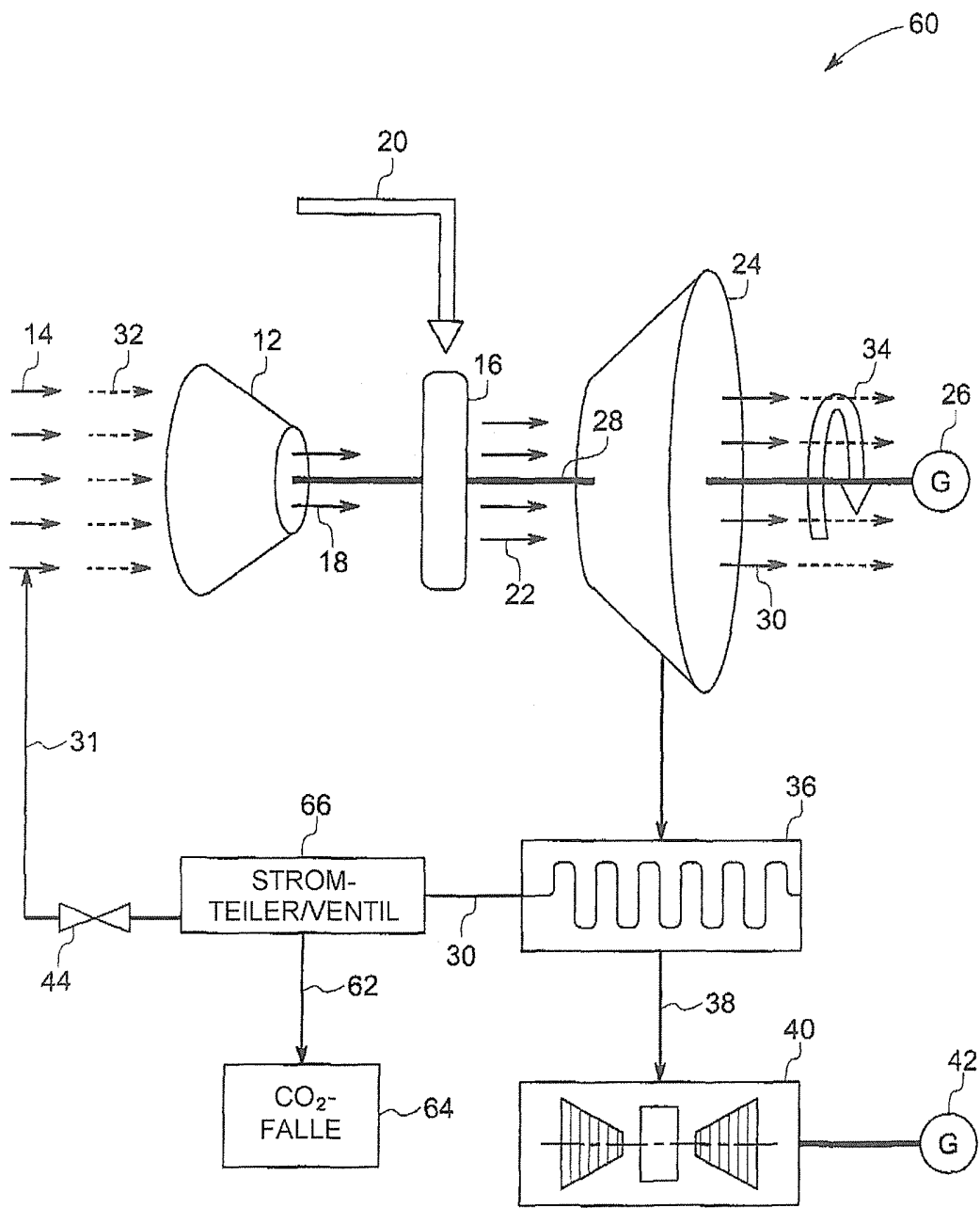


FIG. 2

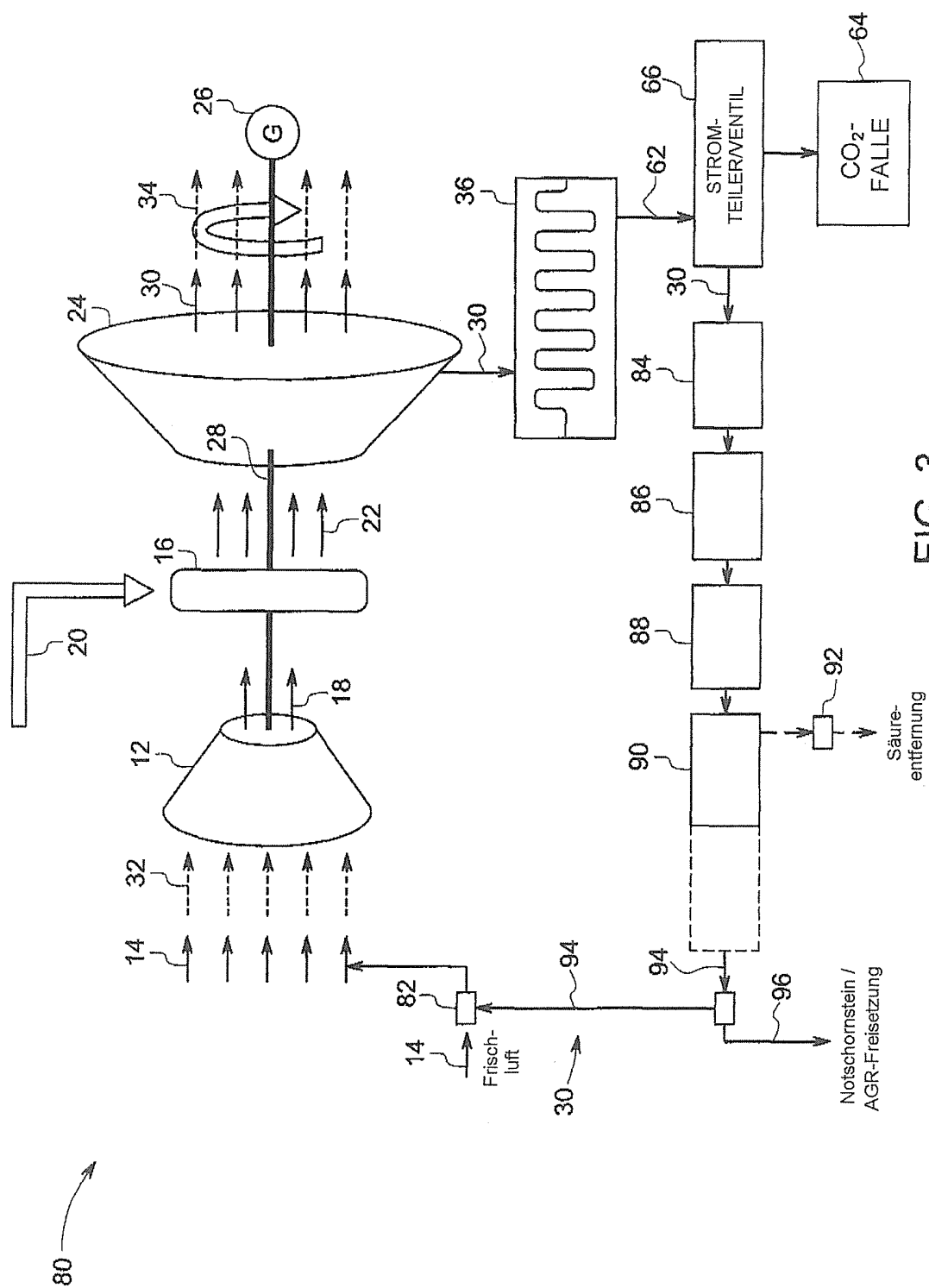


FIG. 3

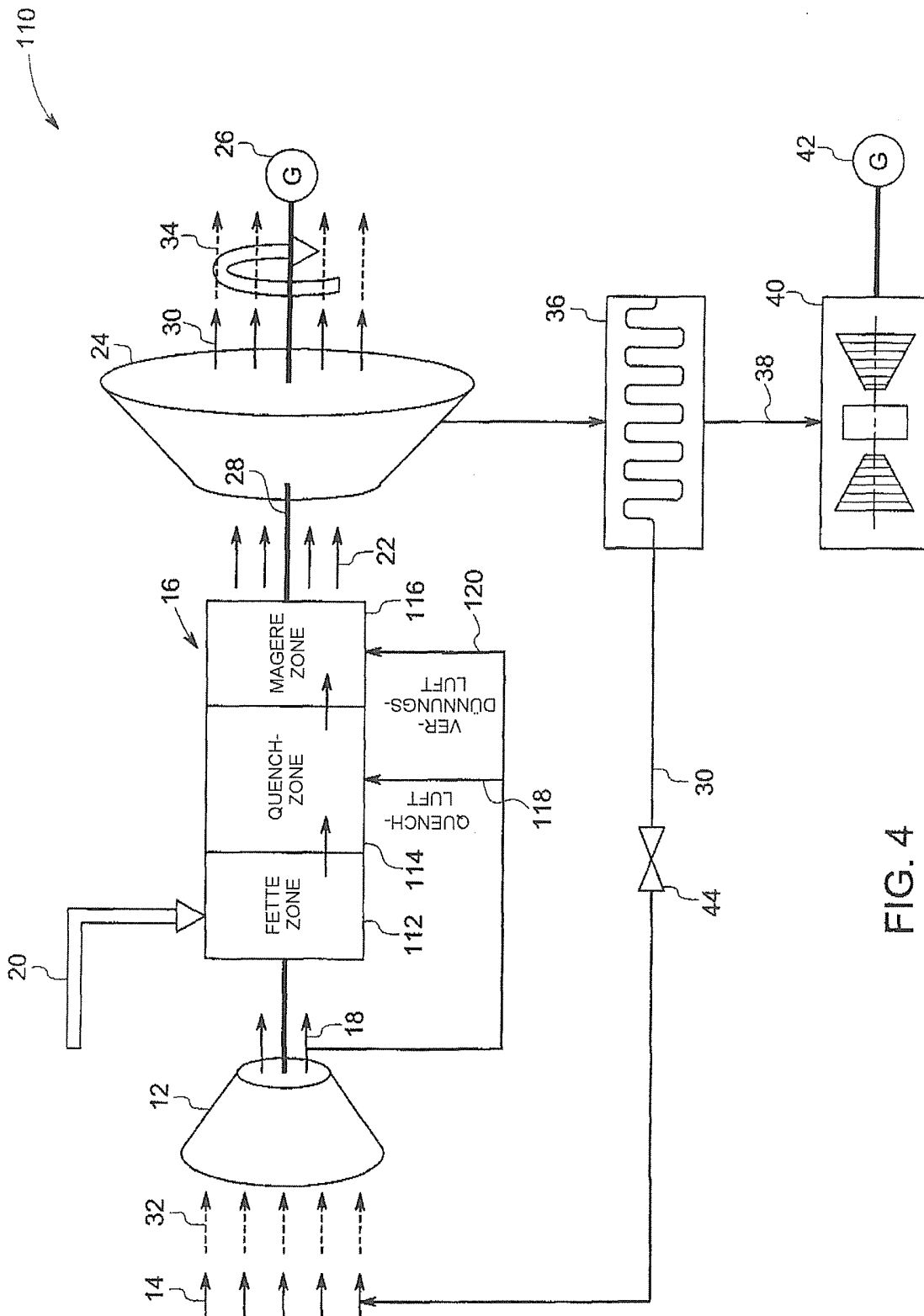


FIG. 4

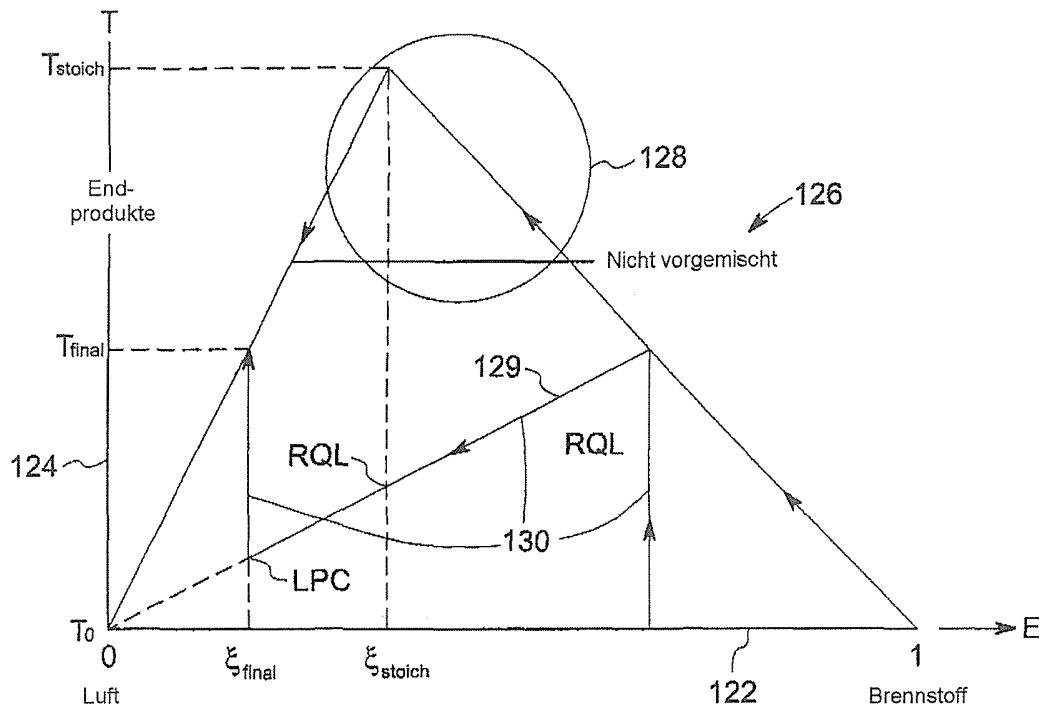


FIG. 5

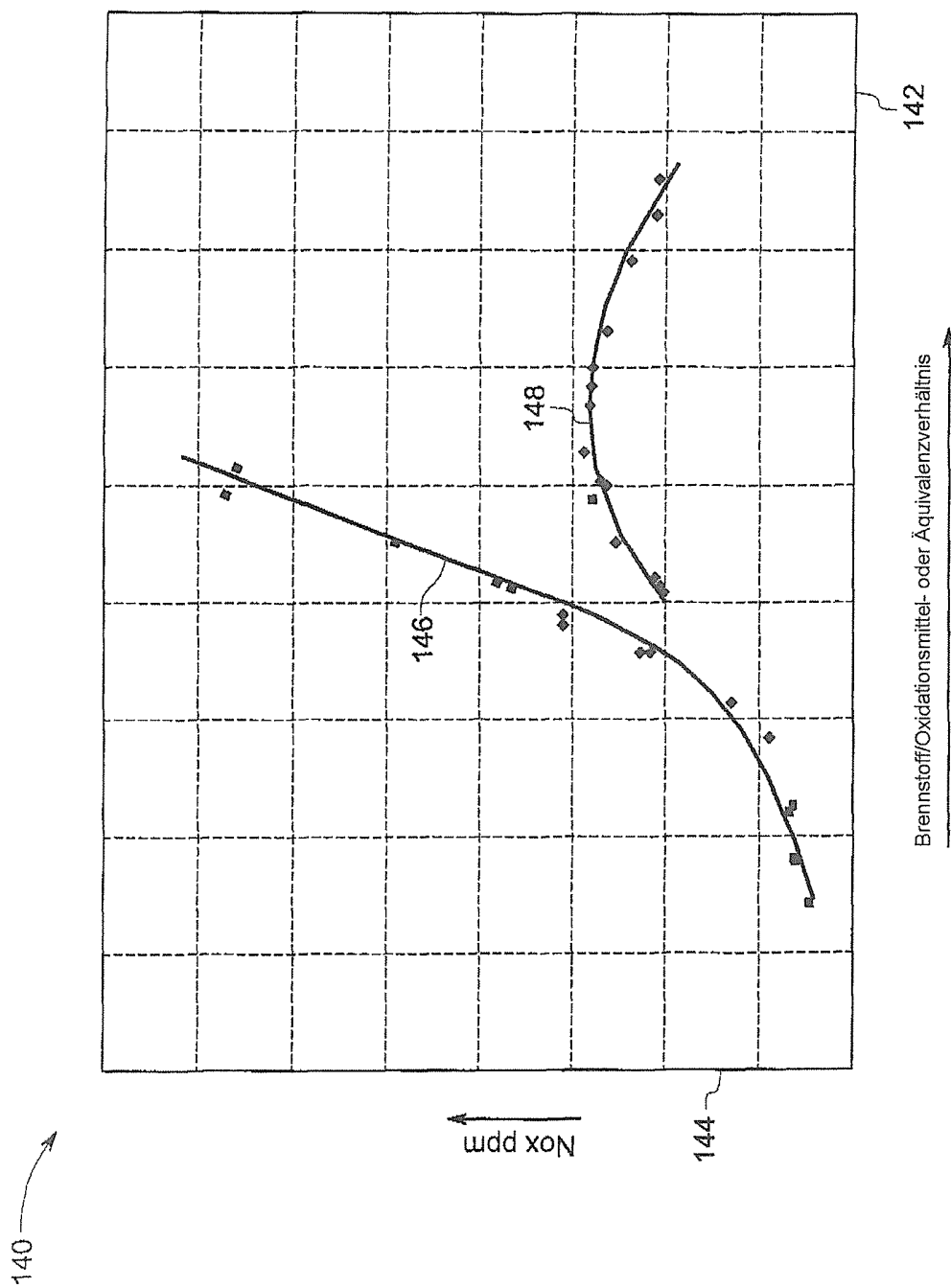


FIG. 6

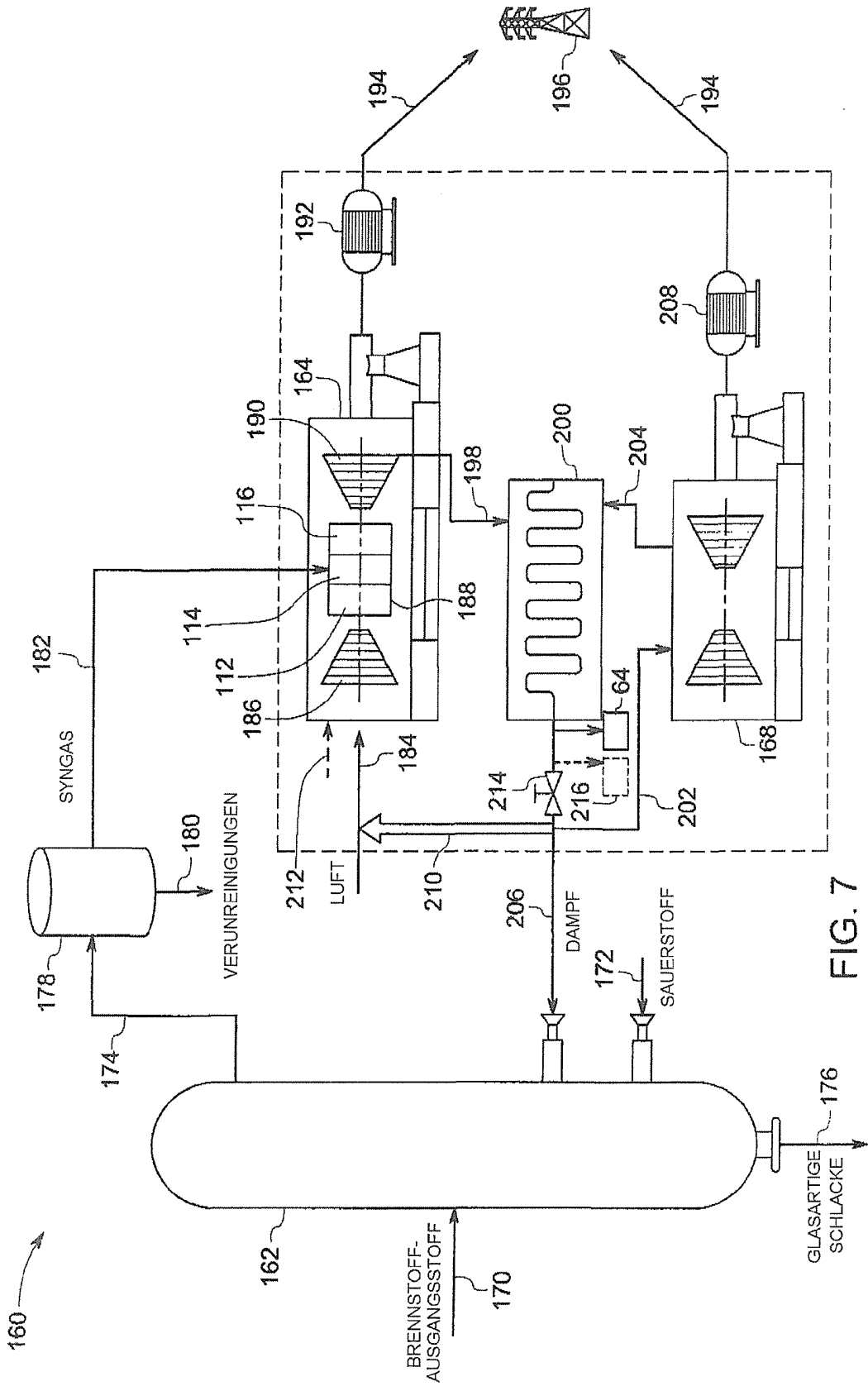


FIG. 7