



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

706 150 A1

(51) Int. Cl.: F02C 3/34 (2006.01)
F02C 7/04 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00272/12

(71) Anmelder:
ALSTOM Technology Ltd, Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden (CH)

(22) Anmeldedatum: 29.02.2012

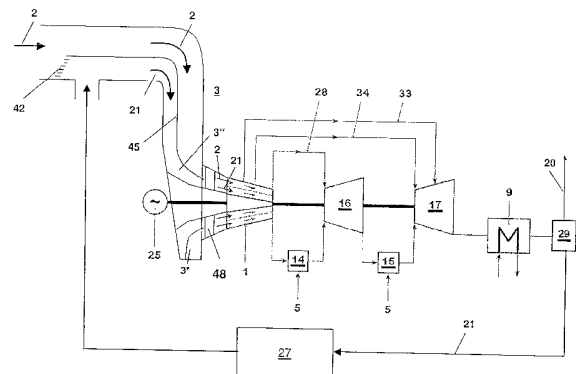
(72) Erfinder:
Eribert Benz, 5413 Birmenstorf (CH)
Jaan Hellat, 5406 Baden-Rütihof (CH)
Hans Wettstein, 5442 Fislisbach (CH)
Robin Payne, 5430 Wettingen (CH)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.08.2013

(54) Verfahren zum Betriebe eines Gasturbinenkraftwerkes mit Abgasrezirkulation sowie Gasturbinenriebwerk.

(57) Beschrieben wird ein Verfahren zum Betrieb eines Gasturbinenkraftwerkes, bei dem Frischluft (2) einem Verdichtereinlass (3) zugeführt und in dem Verdichtereinlass (3) beschleunigt wird und ein rezirkulierter erster Abgasteilstrom (21) in einen Bereich des Verdichtereinlasses (3) zugeführt wird, in dem die Frischluft (2) so weit beschleunigt ist, dass die Differenz zwischen Totaldruck und statischem Druck in der Frischluft (2) grösser oder gleich einer Druckdifferenz ist, die erforderlich ist, um einen Zielmassenstrom des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms (21) in den Verdichtereinlass (3) einzusaugen.

Weiter wird ein Gasturbinenkraftwerk mit einer Gasturbine beschrieben, deren Verdichtereinlass in zwei Sektoren (3', 3'') aufgeteilt ist, an die sich der Strömungskanal des Verdichters (1) anschliesst, wobei eine Zuführung für Frischluft an den ersten Sektor (3') angeschlossen ist und eine Rezirkulationsleitung zur Rezirkulation des ersten Abgasteilstroms (21) an den zweiten Sektor (3'') angeschlossen ist und der zweite Sektor (3'') so dicht an den Verdichter (1) heranreicht, dass im Betrieb der Gasturbine (6) der statische Druck am Austritt des zweiten Sektors (3'') so tief ist, dass die Differenz zwischen Totaldruck und statischem Druck grösser oder gleich einer Druckdifferenz ist, die erforderlich ist, um einen Zielmassenstrom des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms (21) in den Verdichtereinlass (3) einzusaugen.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine mit zwei Eintrittsströmen unterschiedlicher Gaszusammensetzungen sowie eine Gasturbine mit geteiltem Verdichtereintritt.

STAND DER TECHNIK

[0002] Rezirkulation ist eine Technologie, welche grundsätzlich für unterschiedlichste Zwecke bei Gasturbinen eingesetzt werden kann. So beispielsweise für die Kontrolle der Emissionen, für die Reduktion des Abgasvolumens für die Kohlendioxid-Abscheidung etc. Bei der Rezirkulation von Abgasen bei einer Gasturbine wird ein wesentlicher Anteil des Abgases aus dem gesamten Abgasteilstrom abgezweigt und wird normalerweise, nach Kühlung und Reinigung, dem Eingangsmassenstrom der Turbine respektive dem Kompressor der Turbine wieder zugeführt. Die Abgaszusammensetzung unterscheidet sich erheblich von der Zusammensetzung von frischer Umgebungsluft. Herkömmlich wird der rückgeführte Abgasteilstrom mit frischer Luft aus der Umgebung vermischt und diese Mischung anschliessend dem Kompressor zugeführt.

[0003] Vorteilhaft kann durch Abgasrezirkulation der Kohlendioxid- Partialdruck in den Abgasen erhöht werden, um die Leistungsverluste und Wirkungsgradverluste von Kraftwerken mit Kohlendioxid-Abscheidung zu reduzieren. Weiter ist Abgasrezirkulation mit dem Ziel vorgeschlagen worden, den Sauerstoffgehalt in den Ansauggasen von Gasturbinen zu reduzieren, um dadurch die NOx-Emissionen zu reduzieren.

[0004] Zur Abgasrezirkulation beschreibt beispielsweise die US 7 536 252 B1 ein Verfahren zum Steuern eines Abgasrezirkulationsstroms einer Turbomaschine, der über ein Abgasrezirkulationssystem zu dem Einlass der Turbomaschine zurückgeführt wird. Bei diesem Verfahren wird ein Soll-Abgasrezirkulationsanteil bestimmt, der den Anteil des Abgasteilstroms an dem Eintrittsstrom der Turbomaschine beinhaltet, und der Ist- Wert auf den Soll- Wert eingestellt wird.

[0005] Aus der EP 2 248 999 ist ein Kraftwerk mit Abgasrezirkulation sowie ein Verfahren zum Betrieb eines derartigen Kraftwerks bekannt, indem lastabhängig die Rezirkulationsrate und die Temperatur auf die die rezirkulierten Abgase rückgekühlt werden geregelt wird.

[0006] Um eine Rezirkulation von Abgasen zu ermöglichen wird in dem Stand der Technik vorgeschlagen Gebläse zur Überwindung der Druckverluste in der Rezirkulationsleitung, dem Rückkühler für die rezirkulierten Abgase usw. vorzusehen. Alternativ gibt es Ausführungen, in denen die Rezirkulationsleitung, der Kühler für die rezirkulierten Abgase usw. so gross ausgeführt werden, dass die Strömungsgeschwindigkeiten und damit die Druckverluste so klein sind, dass ein Überdruck in den Abgasleitungen ausreicht, um die Abgase zurückzuführen. Beide Lösungen sind gross, teuer und benötigen zusätzlichen Platz auf einem Kraftwerk. Insbesondere die Verwendung eines Gebläses beeinträchtigt weiter die Leistung und den Wirkungsgrad des Kraftwerkes.

DARSTELLUNG DER OFFENBARUNG

[0007] Ein Ziel der vorliegenden Offenbarung ist es, ein Verfahren zum zuverlässigen Betrieb einer Gasturbine mit Abgasrezirkulation ohne Verwendung eines Gebläses zur Überwindung der Druckverluste der Rezirkulationsleitungen anzugeben.

[0008] Weiter ist ein Gasturbinenkraftwerk, das zur Ausführung des Verfahrens geeignet ist, Gegenstand der Offenbarung.

[0009] Ein Gasturbinenkraftwerk mit Abgasrezirkulation umfasst eine Gasturbine, einen Abhitzedampferzeuger, einen Abgasteiler, der die Abgase in einen ersten Abgasteilstrom zur Rezirkulation in einen Ansaugstrom der Gasturbine und in einen zweiten Abgasteilstrom zur Abgabe an die Umgebung teilt, sowie eine Rezirkulationsleitung. Typischerweise ist in den Rezirkulationsleitungen mindestens ein Abgasrückkühler angeordnet.

[0010] Die Gasturbine umfasst einen Verdichter mit einem Eintrittsquerschnitt, eine dem Verdichter nachgeschaltete Brennkammer, in der die verdichteten Gase mit Brennstoff verbrannt werden, und eine Turbine, in der die heissen Verbrennungsgase entspannt werden, sowie eine Welle.

[0011] Das offenbarte Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass ein Zielmassenstrom für den rezirkulierten ersten Abgasteilstrom vorgegeben wird und der rezirkulierte erste Abgasteilstrom in einen Bereich des Verdichtereinlasses zugeführt wird, in dem der Ansaugfrischluftstrom so weit beschleunigt ist, dass die Differenz zwischen Totaldruck und statischem Druck grösser oder gleich der Druckdifferenz ist, die erforderlich ist, um einen Zielmassenstrom des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms in den Verdichtereinlass einzusaugen.

[0012] Durch die Absenkung des statischen Druckes in der Ansaugströmung des Verdichters wird die Druckdifferenz zur Rezirkulation der Abgase vergrössert und es kann auf ein Abgasgebläse verzichtet werden.

[0013] Der Zielmassenstrom kann vereinfachend als fester Wert vorgegeben sein oder abhängig von den Betriebsbedingungen der Gasturbine bestimmt werden. Der Zielmassenstrom kann als absoluter Wert vorgegeben werden oder als Relativwert gegenüber einem aktuellen Zustand vorgegeben werden. Beispielsweise kann er proportional zu einer Soll- Ist Abweichung einer Konzentration, einer Temperatur, einer Brennkammerpulsation oder einer anderen Grösse bestimmt werden.

[0014] Typischerweise wird der rezirkulierte erste Abgasteilstrom in einen Bereich des Verdichtereinlasses zugeführt, in dem der Ansaugstrom der Frischluft so weit beschleunigt ist, dass die Differenz zwischen Totaldruck und statischem Druck grösser als 1% des Totaldruckes ist.

[0015] Nach einer Ausführung des Verfahrens wird der rezirkulierte erste Abgasteilstrom in einen Bereich des Verdichtereinlasses zugeführt, in dem die Ansaugströmung so weit beschleunigt ist, dass die Differenz zwischen Umgebungsdruck und statischem Druck grösser ist, als die Differenz aus der Summe der Druckverluste in der Rezirkulationsleitung und aller Einbauten in der Rezirkulationsleitung und einem Überdruck im Abgasteiler gegenüber dem Umgebungsdruck.

[0016] Typischerweise ist der statische Druck im Abgasteiler grösser als der Umgebungsdruck, um Druckverluste der nachfolgenden Abgasleitungen und der dem Kamin vorgeschalteten Abgasbehandlungsvorrichtungen, wie z.B. einer CO₂ Abscheidung, zu überwinden. Insgesamt kann somit der Druck bei der Zuführung der rezirkulierten Abgase in den Verdichtereinlass erhöht sein.

[0017] Aufgrund der starken Beschleunigung der Verdichteransaugströmung vor dem Eintritt in den Verdichter, insbesondere in der Einlaufdüse (auch Bellmouth genannt) oder unmittelbar vor der Einlaufdüse, ergibt sich ein starker Druckgradient im Verdichtereinlass vor dem Verdichtereintritt. Durch eine Änderung des Ortes, an dem der rezirkulierte erste Abgasteilstrom dem Verdichtereinlass zugeführt wird, kann das treibende Druckgefälle und damit die Menge des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms geregelt oder gesteuert werden. Je näher die Zuführung des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms an dem Verdichtereintritt erfolgt, desto grösser ist das treibende Druckgefälle und damit die Menge des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms.

[0018] Neben dem Ort, an dem der rezirkulierte erste Abgasteilstrom in den Verdichtereinlass geleitet wird, bestimmt die Austrittsfläche der Rezirkulationsleitung oder des Sektors des Verdichtereinlasses über den der rezirkulierte erste Abgasteilstrom zurückgeführt wird den rezirkulierten ersten Abgasteilstrom. Je grösser die Austrittsfläche ist, desto grösser wird der rezirkulierte erste Abgasteilstrom. Nach einer Ausführung des Verfahrens wird die Menge des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms durch Änderung der Querschnittsfläche des Austritts, aus dem der erste Abgasteilstrom dem Verdichtereinlass zugeführt wird, geregelt oder gesteuert.

[0019] Nach einer weiteren Ausführung des Verfahrens werden die Frischluft und der rezirkulierte erste Abgasteilstrom dem Verdichter coaxial zueinander durch den Verdichtereinlass zugeführt.

[0020] Nach noch einer Ausführung dieses Verfahrens werden die Frischluft und der rezirkulierte erste Abgasteilstrom dem Verdichter über konzentrische Kreisinge durch den Verdichtereinlass zugeführt.

[0021] Um die Menge des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms einzustellen wird nach einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens durch ein in dem Verdichtereinlass angeordnetes variables Trennelement, dass den Strömungskanal der Frischluft von dem Strömungskanal des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms trennt, geregelt oder gesteuert. Zur Regelung oder Steuerung wird die Geometrie am Austritt des variablen Trennelements verstellt. Diese Verstellung kann eine Bewegung oder Verschiebung in einer beliebige Richtung sein, durch die der Druck und die Strömungsverhältnisse am Austritt des Trennelementes verändert werden.

[0022] Das variable Trennelement ist nach einer Ausgestaltung in axialer Richtung verschiebbar. Durch Veränderung der axialen Position des variablen Trennelements, insbesondere des Austrittsendes des variablen Trennelements, wird die Menge des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms geregelt oder gesteuert.

[0023] Nach einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird die Menge des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms durch ein in radialer Richtung verschiebbares variables Trennelement geregelt oder gesteuert. Durch radiale Verschiebung des variablen Trennelementes wird die Austrittsfläche, durch die der rezirkulierte erste Abgasteilstrom dem Verdichtereintritt zugeführt wird, geregelt oder gesteuert, um den rezirkulierten ersten Abgasteilstrom zu regeln oder steuern.

[0024] Die Zuführung des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms in den Verdichtereinlass kann sowohl über eine zusammenhängende Austrittsfläche eines Strömungskanals als auch über eine Vielzahl von Austrittsflächen aus einem Strömungskanal oder aus einer Vielzahl von Strömungskanälen erfolgen. Nach einem Ausführungsbeispiel wird der rezirkulierte erste Abgasteilstrom über konzentrisch zur Welle der Gasturbine, vor dem Verdichtereinlass in Umfangsrichtung verteilt angeordnete Zuführungen eingeleitet. In diesem Ausführungsbeispiel wird die Menge des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms durch Änderung der axialen Lage der Austrittsöffnung der Zuführungen in dem Verdichtereinlass geregelt oder gesteuert.

[0025] Je nach Betriebskonzept und Gasturbine wird zum Start und bei Teillast der Gasturbine die Abgasrezirkulation ausgeschaltet oder reduziert. Dies ist beispielsweise erforderlich, um eine stabile, CO-arme (kohlenmonoxidarme) Verbrennung zu gewährleisten oder beim Zündvorgang eine Rezirkulation von unverbranntem Brennstoff in den Ansaugstrom der Gasturbine zu vermeiden. Je nach Aufteilung des Eintrittsquerschnitts in Sektoren über die Frischluft zugeführt wird und Sektoren über die rezirkulierte Abgase zurückgeführt wird, kann es bei einer Reduktion der Abgasrezirkulation zu einer Fehlanströmung des Verdichters kommen. Um diese Fehlanströmung zu vermeiden wird nach einer Ausführung des Verfahrens beim Start oder bei Teillast der Gasturbine dem rezirkulierten ersten Abgasteilstrom Frischluft zugemischt, bevor dieser in den Verdichter eingeleitet wird. Die Zumischung von frischer Luft wird über ein Steuer- oder Regelelement, z.B. ein Ventil oder eine Klappe, geregelt oder gesteuert. Bei einem Abschalten der Abgasrezirkulation kann über dies

Steuer- oder Regelement reine Frischluft in den zweiten Sektor des Eintrittsquerschnitts zugeleitet werden, so dass auch ohne Abgasrezirkulation eine gleichmässige Anströmung der Verdichters gewährleistet wird.

[0026] Nach einer Ausführung wird dem Verdichtereintritt der rezirkulierte erste Abgasstrom und die Frischluft radial gestuft zugeführt, wobei die Frischluft über einen äusseren Sektor des Eintrittsquerschnitts relativ zu einer Rotationsachse des Verdichters zugeführt wird und der rezirkulierte erste Abgasstrom über einen inneren Sektor des Eintrittsquerschnitts relativ zur Rotationsachse des Verdichters zugeführt wird. Durch dieses Verfahren kann die Zumischung von sauerstoffreduziertem Gas in die Kühlluft vermieden werden oder zumindest reduziert werden. Die Sauerstoffkonzentration der Gase, die die Brennkammer erreichen, wird so gegenüber einem herkömmlichen Verfahren, in dem Frischluft mit sauerstoffreduziertem Gas erst vermischt wird und dann dem Verdichter zugeführt wird, reduziert. Dies erlaubt die Verwendung von einem gegenüber dem Stand der Technik kleineren Massenstrom von Gas mit reduziertem Sauerstoffanteil, um einen bestimmten Effekt auf die Verbrennung zu realisieren.

[0027] Nach einer alternativen Ausführung wird dem Verdichtereintritt der rezirkulierte erste Abgasstrom und die Frischluft radial gestuft zugeführt, wobei die Frischluft über einen inneren Sektor des Eintrittsquerschnitts relativ zu einer Rotationsachse des Verdichters zugeführt wird und der rezirkulierte erste Abgasstrom über einen äusseren Sektor des Eintrittsquerschnitts relativ zur Rotationsachse des Verdichters zugeführt wird.

[0028] Dies erlaubt die Verwendung von einem gegenüber dem Stand der Technik erhöhten Verhältnis von Frischluft zu rezirkuliertem Abgas. Insgesamt kann so der Sauerstoffgehalt in den Abgasen reduziert, der CO_2 -Gehalt erhöht werden und der Abgasmassenstrom, der das Kraftwerk verlässt und aus dem beispielsweise CO_2 abgeschieden wird, reduziert werden. Der reduzierte Abgasmassenstrom erlaubt eine Reduktion der Anlagengrösse. Der höhere CO_2 -Gehalt führt zu einer effektiveren Abscheidung mit reduziertem Hilfsenergieverbrauch für die CO_2 -Abscheidung und damit einer höheren Nettoleistung und höherem Nettowirkungsgrad des Kraftwerks.

[0029] Neben dem Verfahren ist ein Gasturbinenkraftwerk mit Abgasrezirkulation zur Durchführung des Verfahrens Gegenstand der Offenbarung. Ein derartiges Gasturbinenkraftwerk umfasst eine Gasturbine, einem Abhitzedampferzeuger, einen Verdichtereinlass durch den ein Ansaugstrom in einen Verdichter der Gasturbine einströmen kann und einen Abgasteiler, der im Betrieb die Abgase der Gasturbine in einen ersten Abgasteilstrom zur Rezirkulation in den Ansaugstrom der Gasturbine und in einen zweiten Abgasteilstrom zur Abgabe an die Umgebung teilt. Gemäss der Offenbarung ist der Verdichtereinlass in einen ersten Sektor und einen zweiten Sektor aufgeteilt. Der Strömungskanal des Verdichters, der am Verdichtereintritt beginnt, schliesst sich an die beiden Sektoren an. Weiter ist eine Zuführung für Frischluft an den ersten Sektor angeschlossen und eine Rezirkulationsleitung zur Rezirkulation des ersten Abgasteilstroms von dem Abgasteiler an den zweiten Sektor angeschlossen. Dabei reicht der zweite Sektor so dicht an den Verdichter heran, dass im Betrieb der Gasturbine der statische Druck am Austritt des zweiten Sektors so tief ist, dass die Differenz zwischen Totaldruck und statischem Druck grösser oder gleich der Druckdifferenz ist, die erforderlich ist, um einen Zielmassenstrom in den Verdichtereinlass einzusaugen. Der Zielmassenstrom kann vereinfachend als fester Wert vorgegeben sein oder abhängig von den Betriebsbedingungen der Gasturbine bestimmt werden. Typischerweise reicht der zweite Sektor so dicht an den Verdichter heran, dass der Ansaugstrom im Betrieb so weit beschleunigt ist, dass die Differenz zwischen Totaldruck und statischem Druck grösser als 1% des Totaldruckes ist.

[0030] Nach einer weiteren Ausgestaltung des Gasturbinenkraftwerks ist im Betrieb der Gasturbine der statische Druck am Austritt des zweiten Sektors so tief ist, dass die Differenz zwischen Umgebungsdruck und statischem Druck am Austritt des zweiten Sektors grösser ist als Differenz von der Summe der Druckverluste in der Rezirkulationsleitung und aller Einbauten in der Rezirkulationsleitung und dem Überdruck im Abgasteiler gegenüber dem Umgebungsdruck.

[0031] Nach einem Ausführungsbeispiel sind der erste Sektor zur Zuführung von Frischluft und der zweite Sektor zur Zuführung von rezirkuliertem ersten Abgasteilstrom bei Ihren Austritten vor dem Verdichtereintritt coaxial zueinander angeordnet.

[0032] Im einem weiteren Ausführungsbeispiel sind der erste Sektor zur Zuführung von Frischluft und der zweite Sektor zur Zuführung von rezirkuliertem ersten Abgasteilstrom bei Ihrem Austritten als konzentrische Kreisinge ausgeführt.

[0033] Um den rezirkulierten Abgasteilstrom regeln oder steuern zu können ist nach einer weiteren Ausgestaltung des Gasturbinenkraftwerks der Austritt des zweiten Sektors des Verdichtereinlasses geometrisch variabel ausgeführt.

[0034] Nach einem Ausführungsbeispiel sind der erste Sektor zur Zuführung von Frischluft und der zweiten Sektor zur Zuführung von rezirkuliertem ersten Abgasteilstrom an ihrem Austritt durch ein variables Trennelement getrennt. Ein variables Trennelement kann mindestens eine verschiebbare Wand oder mindestens ein verschiebbarer Wandabschnitt umfassen. Das variable Trennelement kann aber auch ein dehnbares Element aus einem flexiblen Material sein oder eine Kombination aus beidem umfassen.

[0035] Beispielsweise kann das variable Trennelement in axialer Richtung der Gasturbinenachse verschiebbar angeordnet ist. Bei einer derartigen Anordnung wird der Massenstrom des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms hauptsächlich über den Unterdruck an der jeweiligen axialen Position, an der das Trennelement endet geregelt oder gesteuert.

[0036] In einem weiteren Beispiel ist das variable Trennelement in radialer Richtung verschiebbar angeordnet. Mit der radialen Verschiebung wird der Massenstrom des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms hauptsächlich über die Austrittsfläche des zweiten Sektors geregelt oder gesteuert.

[0037] Weiter ist eine Kombination aus in axialer und in radialer Richtung verschiebbaren Trennelement denkbar.

[0038] In einer weiteren Ausführungsform sind vor dem Verdichtereintritt konzentrisch zur Welle der Gasturbine in Umfangsrichtung verteilt Zuführungen zur Einleitung des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms angeordnet. Dabei ist der axiale Abstand von den Austrittsöffnungen der Zuführungen zum Verdichtereintritt einstellbar, um den rezirkulierten ersten Massenstrom zu regeln oder zu steuern.

[0039] In einer weiteren Ausführungsform des Gasturbinenkraftwerks ist der zweite Sektor des Verdichtereintritts über ein Steuer- oder Regelement mit der Frischluft bzw. einer Zuleitung für Frischluft verbunden. Dies Steuer- oder Regelement erlaubt eine kontrollierte Zumischung von Frischluft in den rezirkulierten ersten Abgasteilstrom. Bei Teillast und/ oder beim Start der Gasturbine kann damit Frischluft in den zweiten Sektor des Verdichtereinlasses gesogen werden.

[0040] Dies Steuer- oder Regelement, zu dem Frischluft (Umgebungsluft) über eine Leitung oder einen Luftkanal zugeführt wird, ist beispielsweise eine Klappe oder ein Ventil. Um die Druckverluste des Regelements und der Zuführung sowie der Zumischung zu kompensieren, kann ein Gebläse in der Zuleitung vorgesehen sein. Diese Zuleitung muss nicht unmittelbar in den zweiten Sektor des Verdichtereinlasses münden, sondern kann in die Rezirkulationsleitung, durch die der erste rezirkulierte Abgasmassenstrom zurückgeführt wird, münden. Beispielsweise kann sie schon vor eine Abgasrückkühler mit Gaswäsche, wie beispielsweise einem Sprühkühler (auch als «Direct Contact Cooler» bezeichnet) münden. In diesem Fall kann Frischluft ohne zusätzliche oder mit nur geringer Filterung zugeführt werden.

[0041] Nach einer Ausführung sind die Sektoren des Verdichtereinlasses als ein innerer Sektor und ein äusserer Sektor ausgeführt, wobei eine Zuführung für den rezirkulierten ersten Abgasstrom an den inneren Sektor des Verdichtereinlasses angeschlossen ist und eine Frischluftzuleitung an den äusseren Sektor des Verdichtereinlasses angeschlossen ist.

[0042] Durch diese Anordnung kann die Zumischung von sauerstoffreduziertem Gas in die Kühlluft vermieden werden oder zumindest reduziert werden. Die Sauerstoffkonzentration der Gase, die die Brennkammer erreichen, wird so gegenüber einem herkömmlichen Verfahren, in dem Frischluft mit sauerstoffreduziertem Gas erst vermischt wird und dann dem Verdichter zugeführt wird, reduziert. Dies erlaubt die Verwendung von einem gegenüber dem Stand der Technik kleineren Massenstrom von Gas mit reduziertem Sauerstoffanteil, um im Betrieb einen bestimmten Effekt auf die Verbrennung zu realisieren.

[0043] Nach einer alternativen Ausführung sind die Sektoren des Verdichtereinlasses als ein innerer Sektor und ein äusserer Sektor ausgeführt, wobei eine Zuführung für den rezirkulierten ersten Abgasstrom an den äusseren Sektor des Verdichtereinlasses angeschlossen ist und eine Frischluftzuleitung an den inneren Sektor des Verdichtereinlasses angeschlossen ist.

[0044] Dies erlaubt die Verwendung von einem gegenüber dem Stand der Technik erhöhten Verhältnis von Frischluft zu rezirkuliertem Abgas. Insgesamt kann so der Sauerstoffgehalt in den Abgasen reduziert, der CO₂-Gehalt erhöht werden und der Abgasmassenstrom, der das Kraftwerk verlässt und aus dem beispielsweise CO₂ abgeschieden wird, reduziert werden. Der reduzierte Abgasmassenstrom erlaubt eine Reduktion der Anlagengrösse. Der höhere CO₂-Gehalt führt im Betrieb zu einer effektiveren Abscheidung mit reduziertem Hilfsenergieverbrauch für die CO₂-Abscheidung und damit einer höheren Nettoleistung und höherem Nettowirkungsgrad des Kraftwerks.

[0045] Alle erläuterten Vorteile sind nicht nur in den jeweils angegebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Offenbarung zu verlassen. Die Offenbarung ist ohne Einschränkung für Gasturbinen mit einer Brennkammer sowie für Gasturbinen mit sequentieller Verbrennung, wie sie beispielsweise aus der EP 0 718 470 bekannt sind, anwendbar.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0046] Bevorzugte Ausführungsformen der Offenbarung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen beschrieben, die lediglich zur Erläuterung dienen und nicht einschränkend auszulegen sind. In den Zeichnungen zeigen schematisch:

- Fig. 1 ein Gasturbinenkraftwerk mit Rückführung der Abgase nach Stand der Technik;
- Fig. 2 ein Gasturbinenkraftwerk mit Rückführung der Abgase und Einleitung von Abgasen in einen Bereich des Verdichtereinlasses mit reduziertem statischen Druck;
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines geteilten Verdichtereinlasses zur Einleitung von rezirkulierten Abgasen in einen Bereich des Verdichtereinlasses mit reduziertem statischen Druck;
- Fig. 4 eine Darstellung des Druckverlaufes in einem Ausschnitt aus einem Verdichtereinlass vor dem Verdichtereintritt;
- Fig. 5 einen Ausschnitt aus einem Verdichtereinlass mit Trennelement;
- Fig. 6 einen Ausschnitte aus einem Verdichtereinlass mit in radialer Richtung variablem Trennelement;

Fig. 7 einen Ausschnitt aus einem Verdichtereinlass mit in axialer Richtung variablem Trennelement;

Fig. 8 einen Verdichtereinlass mit Rückführung der Abgase durch eine Vielzahl von kreisförmig um die Gasturbinenachse im Verdichtereinlass angeordneten Zuführungskanälen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0047] Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung die wesentlichen Elemente eines Gasturbinenkraftwerks mit Abgasrezirkulation. Die Gasturbine 6 umfasst einen Verdichter 1 (Kompressor), die darin verdichtete Verbrennungsluft wird einer Brennkammer 4 zugeführt und dort mit Brennstoff 5 verbrannt. Anschliessend werden die heissen Verbrennungsgase in einer Turbine 7 entspannt. Die in der Turbine 7 erzeugte Nutzenergie wird dann zum Beispiel mit einem auf der gleichen Welle angeordneten ersten Generator 25 in elektrische Energie umgewandelt.

[0048] Die aus der Turbine 7 austretenden heissen Abgase 8 werden zur optimalen Nutzung der darin noch enthaltenen Energie in einem Abhitzedampferzeuger 9 (Heat recovery steam generator, HRSG) dazu verwendet, Frischdampf 30 für eine Dampfturbine 13 oder für andere Anlagen zu erzeugen. Die in der Dampfturbine 13 erzeugte Nutzenergie wird dann zum Beispiel mit einem auf der gleichen Welle angeordneten zweiten Generator 26 in elektrische Energie umgewandelt. Der Wasserdampfkreislauf ist in dem Beispiel vereinfacht und nur schematisch dargestellt. Verschiedene Druckstufen, Speisewasserpumpen usw. werden nicht gezeigt, da diese nicht Gegenstand der Erfindung sind.

[0049] Die Abgase vom Abhitzedampferzeuger 19 werden bei einer solchen Anlage hinter dem Abhitzedampferzeuger 9 in einem Abgasteiler 29, welcher geregelt oder gesteuert sein kann, in einen ersten Abgasteilstrom 21 und einen zweiten Abgasteilstrom 20 geteilt. Der erste Abgasteilstrom 21 wird in die Ansaugleitung der Gasturbine 6 zurückgeführt und dort mit Frischluft 2 vermischt. Der nicht zurückgeführte zweite Abgasteilstrom 20 wird an die Umgebung abgegeben oder wie in diesem Beispiel über einem Abgasrückkühler 23 weiter gekühlt und einem CO₂-Abscheidsystem 18 zugeführt. Von diesem werden CO₂-arme Abgase 22 über einen Kamin 32 an die Umgebung abgegeben. Um die Druckverluste des CO₂-Abscheidsystems 18 und der Abgasleitung zu überwinden kann ein Abgasgebläse 10 vorgesehen sein. Das in dem CO₂-Abscheidsystem 18 abgeschiedene CO₂ 31 wird typischerweise komprimiert und zur Lagerung oder weiteren Behandlung abgeleitet. Das CO₂-Abscheidsystem 18 wird über eine Dampfextraktion mit aus der Dampfturbine 13 abgezweigtem Dampf versorgt.

[0050] Der zweite Abgasteilstrom kann auch direkt über einen Abgasbypass 24 mit Bypassklappe 12 zu dem Kamin 32 geführt werden.

[0051] Der zurückgeführte erste Abgasteilstrom 21 wird in einem Abgasrückkühler 27, welcher mit Kondensator ausgestattet sein kann, auf etwas über Umgebungstemperatur abgekühlt. Stromab dieses Abgasrückkühlers 27 kann ein Booster oder Abgasgebläse 11 für den Rezirkulationsstrom 21 angeordnet sein. Dieser zurückgeführte erste Abgasteilstrom 21 wird mit der Frischluft 2 vermischt, bevor das Gemisch als Ansaugstrom über den Verdichtereinlass 3 der Gasturbine 6 zugeführt wird.

[0052] Im Gegensatz zu Fig. 1 ist in Fig. 2 eine Gasturbine mit sequentieller Verbrennung dargestellt. Das Verfahren ist für Gasturbinen mit einer Brennkammer sowie für Gasturbinen mit sequentieller Verbrennung anwendbar. Entsprechend sind auch Ausführungen für Gasturbinen mit einer Brennkammer sowie für Gasturbinen mit sequentieller Verbrennung möglich.

[0053] Fig. 2 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel eines Gasturbinenkraftwerks mit einem Verdichtereinlass, der in zwei Sektoren aufgeteilt ist, wobei eine Zuführung für Frischluft in einem ersten Sektor 3' des Verdichtereinlasses 3 mündet und eine Zuführung für den rezirkulierten Abgasteilstrom 21 in einen zweiten Sektor 3'' des Verdichtereinlasses 3 mündet. Die beiden Einlasssektoren 3', 3'' schliessen auf der dem Kompressor zugewandten Seite des Verdichtereinlasses 3 an den Strömungskanal des Verdichters 1 an. Der zweite Sektor 3» reicht bis in einen Bereich des Verdichtereinlasses 3, in dem während des Betriebs der Gasturbine die Strömung so stark beschleunigt ist, dass der statische Druck so weit abgesenkt ist, dass der erste Abgasteilstrom 21 die Druckverluste in der Rezirkulationsleitung sowie den Druckverlust des Abgasrückkühlers 27 überwindet.

[0054] Von dem Verdichter 1 wird Nieder- und Mitteldruck-Kühlgas 33, 34 abgezweigt und den Heissgastteilen der Gasturbine zur Kühlung zugeführt. Weiter wird am Ende des Verdichters oder des anschliessenden Diffusors Hochdruckkühlgas 28 abgezweigt und den Heissgastteilen der Gasturbine zur Kühlung zugeführt. In der Fig. 2 ist vereinfachend nur eine Kühlgaszuführung zu der Hochdruckturbine 16 und je eine Nieder- und eine Mitteldruck-Kühlgas 33, 34 zur Niederdruckturbine 17 dargestellt. Vereinfachend ist eine Kühlgaszuführung zu den Brennkammern 14, 15 nicht dargestellt, wobei die Hochdruckbrennkammer 14 typischerweise mit Hochdruckkühlluft 28 gekühlt wird und die Niederdruckbrennkammer 15 typischerweise mit Mitteldruckkühlluft 34 gekühlt wird.

[0055] Um bei verschiedenen Betriebszuständen der Gasturbine und den damit verbunden Änderungen des Anteils an rezirkuliertem Abgas 21 und der Verdichteransaugmenge eine homogenes Geschwindigkeitsprofil in der Zuströmung zu dem Verdichter zu realisieren, ist in dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel ein Frischluft- Regelelement 42 vorgesehen, über das dem ersten Abgasteilstrom 21 Frischluft 2 zugemischt wird, bevor diese über den zweiten Sektor 3'' des Verdichtereinlasses 3 in den Verdichter 1 eingeleitet wird.

[0056] Fig. 3 zeigt perspektivisch eine schematische Darstellung eines geteilten Verdichtereinlasses zur Einleitung von Abgasen in einen Bereich des Verdichtereinlasses mit reduziertem statischen Druck. Die Frischluft 2 wird von einer Seite zu dem ersten Sektor 3' des Verdichtereinlasses 3 zugeführt, in diesem horizontal umgelenkt und nach einer weiteren Umlenkung in Richtung der Gasturbinenachse dem Verdichter über eine ringförmige Austrittsfläche zugeführt.

[0057] Der rezirkulierte erste Abgasteilstrom 21 wird axial entgegen der Hauptströmungsrichtung der Gasturbine zu einer Ebene stromauf des Verdichtereinlasses 3 geleitet, in dem zweiten Sektor 3'' des Verdichtereinlasses umgelenkt und von der Seite oberhalb der Gasturbinenachse vor den Eintritt in die Gasturbine geleitet. Durch eine zweite Umlenkung wird der rezirkulierte erste Abgasteilstrom 21 in Richtung der Höhe der Gasturbinenachse geleitet und dem Verdichter nach einer weiteren Umlenkung über eine ringförmige Austrittsfläche zugeführt. Die beiden Sektoren 3', 3'' sind durch eine Trennwand 45 getrennt, die bis in einen Bereich mit tiefen statischem Druck reicht, durch den der rezirkulierte erste Abgasteilstrom 21 in den Verdichter 1 gesogen wird.

[0058] Der Druckverlauf in einem Verdichtereinlass 3 ist schematisch in Fig. 4 gezeigt. Gezeigt ist ein Ausschnitt des Verdichtereinlasses 3 vor dem Verdichtereintritt in dem der Druck aufgrund der Strömungsbeschleunigung ausgehend von einem Eintrittsdruck p_1 stark fällt, bis er den Verdichtereintrittsdruck p_3 erreicht. In dem Beispiel ist eine 90%-Isobare 47 eingezeichnet. Ab dieser 90%-Isobaren 47 ist der statische Druck durch Strömungsbeschleunigung auf 90% des Totaldruckes gefallen. Bei einer Einleitung des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms in den Bereich des Verdichtereinlasses 3, der stromab dieser Isobaren liegt, stehen 10% des ambienten Totaldruckes zur Förderung des rezirkulierten ersten Abgasteilstrom zur Verfügung. Typischerweise genügt eine Absenkung des statischen Druckes um 5%, um eine Rückführung des Abgases in den Verdichtereinlass zu realisieren. Bei grossen Rezirkulationsleitungen mit tiefen Druckverlusten sowie unter Berücksichtigung eines möglichen Überdruckes im Abgassystem bei der Abzweigung des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms kann eine kleinere Absenkung des statischen Druckes ausreichen. So kann eine Einleitung in einen Bereich möglich sein, in dem der statische Druck nur um 1% oder 2% des Totaldruckes abgesenkt ist. Je nach gewünschter Ausströmgeschwindigkeit des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms bei dem Austritt aus dem zweiten Sektor des Verdichtereinlasses kann eine stärkere Absenkung des statischen Druckes erforderlich sein und bis zu 20% oder 30% des Totaldruckes betragen.

[0059] Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausschnittes aus einem Verdichtereinlass 3 unmittelbar vor dem Verdichter. Der Ausschnitt ist zur Welle der Gasturbine durch die Wellenabdeckung 38 und nach aussen durch das Verdichtergehäuse 40 begrenzt. Ein Trennelement 45 trennt den ersten Sektor 3' zur Einleitung von Frischluft 2 von dem zweiten Sektor 3'' zur Einleitung von rezirkulierten ersten Abgasteilstrom 3''. Der Druck der Frischluft p_2 am Eingang des dargestellten Ausschnitts in dem ersten Sektor 3' ist grösser als der Druck des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms p_{21} am Eingang des dargestellten Ausschnitts in dem zweiten Sektor 3''. Beide Drücke p_2 , p_{21} sind deutlich grösser als der statische Druck am Verdichtereintritt p_3 . Aufgrund des höheren Anfangsdruckes wird die Frischluft im ersten Sektor 3' stärker beschleunigt, so dass die Geschwindigkeit der Frischluft v_2 am Ende des Trennelementes 45 höher ist als die Geschwindigkeit des rezirkulierten Abgasteilstroms v_{21} . Dadurch bildet sich eine Scherströmung, die durch eine Scherschicht 50 getrennt ist.

[0060] Fig. 6 und 7 zeigen Beispiele von variablen Trennelementen 49, die eine Regelung oder Steuerung des rezirkulierten ersten Abgasmassenstroms 21 erlauben. Typischerweise ist bei Ausführungen mit variablem Trennelement 49 der Verdichtereinlass 3 durch eine feste Trennwand 45 in zwei Sektoren 3', 3'' geteilt und nur im Austrittsbereich der Sektoren 3', 3'' ist ein Abschnitt der festen Trennwand durch ein variables Trennelement 49 ersetzt oder ergänzt.

[0061] Die Fig. 6. zeigt eine schematische Darstellung eines Ausschnittes aus einem Verdichtereinlass 3 mit in radialer Richtung variablem Trennelement 49, dass sich an eine feste Trennwand 45 anschliesst. Das Austrittsende kann in radialer Richtung aufgeweitet oder verengt werden.

[0062] Um den rezirkulierten ersten Abgasmassenstrom 21 zu erhöhen, kann das variable Trennelement 49 in radialer Richtung in Strömungsrichtung von der Achse der Gasturbine weg aufgeweitet werden, so dass die Austrittsfläche aus dem zweiten Sektor 3'' vergrössert wird. Dies erlaubt bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit den Zufluss von einem höheren Massenstrom an rezirkuliertem ersten Abgasteilstrom 21.

[0063] Um den rezirkulierten ersten Abgasmassenstrom 21 zu reduzieren kann das variable Trennelement 49 in radialer Richtung zu der Achse der Gasturbine hin zusammengeschoben werden, so dass die Austrittsfläche aus dem zweiten Sektor 3'' verkleinert wird. Damit wird bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit der Zufluss von rezirkuliertem ersten Abgasteilstrom 21 reduziert.

[0064] Als ein alternatives Ausführungsbeispiel ist in Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Ausschnittes aus einem Verdichtereinlass 3 mit in axialer Richtung variablem Trennelement 49 gezeigt.

[0065] Um den rezirkulierten ersten Abgasmassenstrom 21 zu erhöhen, kann das variable Trennelement 49 in axialer Richtung in Strömungsrichtung (nach rechts) verschoben werden, so dass der Austritt aus dem zweiten Sektor 3'' in einen Bereich mit höherer Strömungsgeschwindigkeit und entsprechend tieferem statischen Druck liegt.

[0066] Um den rezirkulierten ersten Abgasmassenstrom 21 zu reduzieren, kann das variable Trennelement 49 in axialer Richtung entgegen der Strömungsrichtung (nach links) verschoben werden, so dass der Austritt aus dem zweiten Sektor 3'' in einen Bereich mit tieferer Strömungsgeschwindigkeit und entsprechend höherem statischen Druck liegt.

[0067] Fig. 8 zeigt eine alternative Zuführung der rezirkulierten Abgase 21. Anstelle einer separaten Zuführung der rezirkulierten Abgase 21 über einen durch ein Blech abgeteilten zweiten Sektor 3'' des Verdichtereinlasses für rezirkulierte Abgase 21 wird ein ungeteilter Verdichtereinlass 3 benutzt, in den die rezirkulierten Abgase 21 über eine Vielzahl von kranzförmig axial an der Innenwand des Verdichtereinlasses 3 anordneten Zuführungskanälen 39 eingeleitet werden. Als Zuführungskanal 39 eignen sich beispielsweise Rohre oder Rohrstutzen, deren Austrittsenden parallel zur Hauptströmung in Richtung Verdichtereintritt ausgerichtet sind. In dem gezeigten Beispiel reichen die Rohrstutzen bis in die Einlaufdüse (Bellmouth) des Verdichters 1 hinein. In dem gezeigten Beispiel kann die axiale Position der Austrittsöffnungen der Rohre geregelt werden. Dies kann beispielsweise durch eine Teleskopartige Verlängerung bzw. Verkürzung des Rohres oder eine Verschiebung des gesamten Rohres mit einem flexiblen Rohranschluss erfolgen.

[0068] Die Ausführung mit einer Vielzahl von Zuführungskanälen 39 hat den Vorteil, dass keine Trennwand 45 zur Trennung des Verdichtereinlasses 3 benötigt wird. Dies hat im Betrieb den Vorteil, dass das Verhältnis von Frischluft 2 zu rezirkuliertem Abgas 21 unabhängig von dem Flächenverhältnis der Einlasssektoren geändert werden kann. Ausserdem kann die Verschiebung einzelner Rohre mechanisch einfacher realisierbar sein als die einer variablen Trennwand.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0069]

- 1 Verdichter
- 2 Frischluft
- 3 Verdichtereinlass
- 3' erster Sektor: Verdichtereinlasssektor für Frischluft
- 3'' zweiter Sektor: Verdichtereinlasssektor für sauerstoffreduziertes Gas
- 4 Brennkammer
- 5 Brennstoff
- 6 Gasturbine
- 7 Turbine
- 8 Heisse Abgase der Gasturbine
- 9 Abhitzedampferzeuger (heat recovery steam generator, HRSG)
- 10 Abgasgebläse für den zweiten Abgasteilstrom (zum CO₂-Abscheidesystem)
- 11 Abgasgebläse für den ersten Abgasteilstrom (Abgasrezirkulation)
- 12 Bypassklappe oder Ventil
- 13 Dampfturbine
- 14 Hochdruckbrennkammer
- 15 Niederdruckbrennkammer
- 16 Hochdruckturbine
- 17 Niederdruckturbine
- 18 CO₂-Abscheidesystem
- 19 Abgas vom Abhitzedampferzeuger
- 20 Zweiter Abgasteilstrom (Abgasleitung zum CO₂-Abscheidesystem)
- 21 Erster Abgasteilstrom (Abgasrezirkulation)
- 22 CO₂-armes Abgas
- 23 Abgasrückkühler (für den zweiten Abgasteilstrom)
- 24 Abgasbypass zum Kamin

- 25 Erster Generator
- 26 Zweite Generator
- 27 Abgasrückkühler (für den ersten Abgasteilstrom)
- 28 Hochdruck-Kühlgas
- 29 Abgasteiler
- 30 Frischdampf
- 31 Abgeschiedenes CO₂
- 32 Kamin
- 33 Niederdruck-Kühlgas
- 34 Mitteldruck-Kühlgas
- 35 Rotorkühlgas
- 36 Verdichterplenum
- 37 Welle (auch als Rotor bezeichnet)
- 38 Wellenabdeckung
- 39 Zuführungskanal
- 40 Verdichtergehäuse
- 41 Verdichterentnahmestelle
- 42 Steuer- oder Regelement
- 43 Verdichterleitschaufel
- 44 Verdichterlaufschaufel
- 45 Einlassleitblech
- 46 Wellenabdeckung
- 47 90%-Isobare
- 48 Lagerstütze
- 49 variables Trennelement
- 50 Scherschicht (shear layer)
- p₁ Einlassdruck
- p₂ Frischluftdruck
- p₂₁ Druck des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms
- p₃ Verdichtereintrittsdruck
- v₂ Geschwindigkeit der Frischluft
- v₂₁ Geschwindigkeit des rezirkulierten Abgasteilstroms

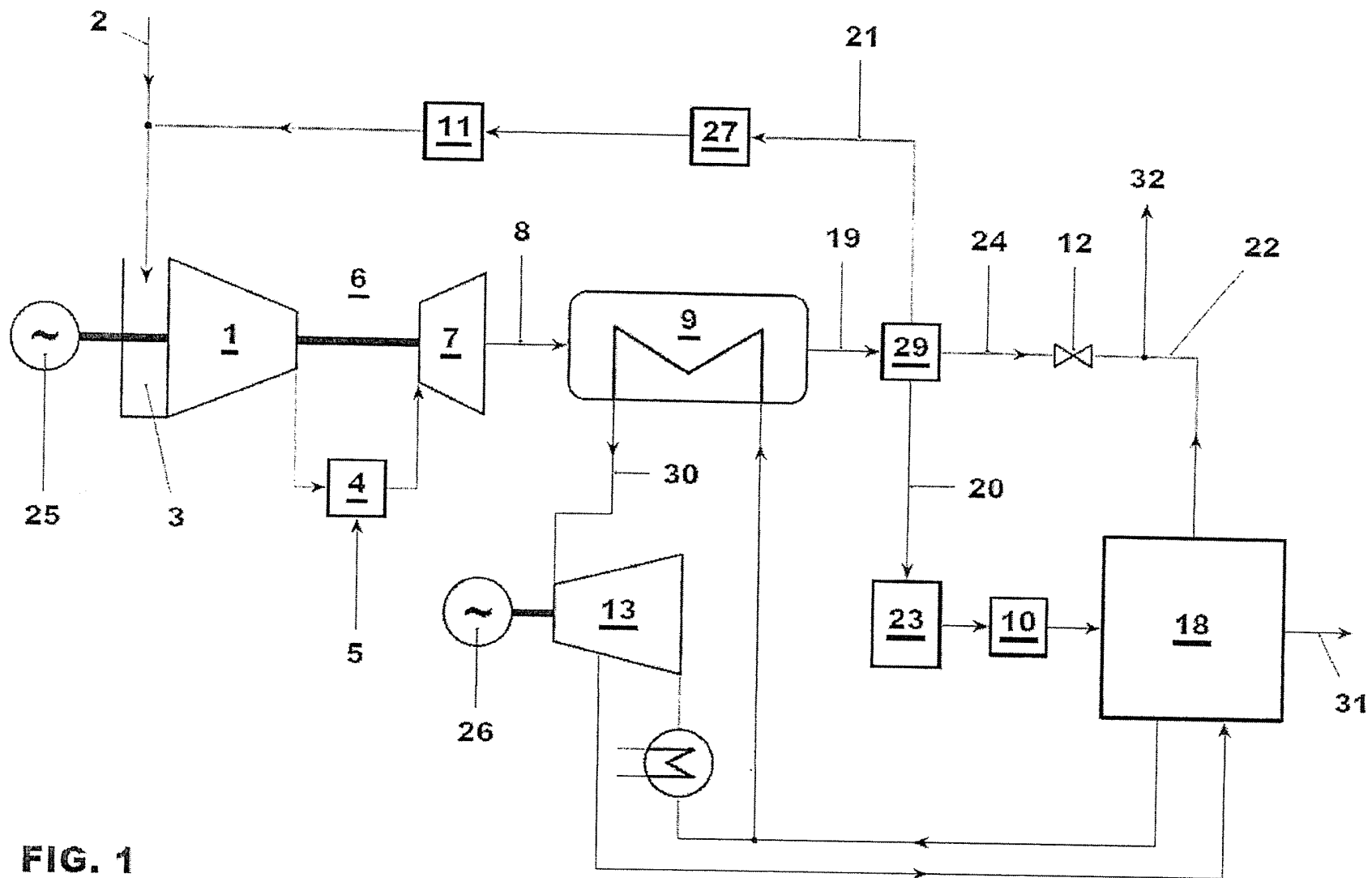
Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Gasturbinenkraftwerkes mit Abgasrezirkulation, welches eine Gasturbine (6) mit einem Verdichtereinlass (3), einen Abhitzedampferzeuger (9), einen Abgasteiler (29), der die Abgase (19) in einen ersten Abgasteilstrom (21) zur Rezirkulation in einen Ansaugstrom der Gasturbine (6) und in einen zweiten Abgasteilstrom (20) zur Abgabe an die Umgebung teilt, sowie eine Rezirkulationsleitung und einen Abgasrückkühler (27) umfasst, in

dem Frischluft (2) in den Verdichtereinlass (3) zugeführt wird und in dem Verdichtereinlass (3) beschleunigt, dadurch gekennzeichnet, dass der rezirkulierte erste Abgasteilstrom (21) von der Frischluft (2) getrennt in den Verdichtereinlass (3) zugeführt wird und bis zu einem Bereich des Verdichtereinlasses (3) von der Frischluft (2) getrennt geleitet wird, in dem die Frischluft (2) so weit beschleunigt ist, dass die Differenz zwischen Totaldruck und statischem Druck in der Frischluft (2) grösser oder gleich einer Druckdifferenz ist, die erforderlich ist, um einen Zielmassenstrom des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms (21) in den Verdichtereinlass (3) einzusaugen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der rezirkulierte erste Abgasteilstrom (21) in einen Bereich des Verdichtereinlasses (3) zugeführt wird, in dem die Ansaugströmung so weit beschleunigt ist, dass die Differenz zwischen Umgebungsdruck und statischem Druck grösser ist, als Differenz von der Summe der Druckverluste in der Rezirkulationsleitung und aller Einbauten in der Rezirkulationsleitung und einem Überdruck im Abgasteiler (29) gegenüber dem Umgebungsdruck.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms (21) durch Änderung des Ortes, an dem der erste Abgasteilstrom (21) dem Verdichtereinlass (3) zugeführt wird, geregelt oder gesteuert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms (21) durch Veränderung der Querschnittsfläche eines Austritts, aus dem der erste Abgasteilstrom (21) dem Verdichtereinlass (3) zugeführt wird, geregelt oder gesteuert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms (21) durch Verstellen eines in dem Verdichtereinlass (3) angeordnetes variables Trennelement (49), das den Strömungskanal der Frischluft (2) von dem Strömungskanal des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms (21) trennt, geregelt oder gesteuert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms (21) durch axiales Verschieben des variablen Trennelements (49) geregelt oder gesteuert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms (21) durch radiales Verschieben des variablen Trennelements (49) geregelt oder gesteuert wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der rezirkulierte erste Abgasteilstrom (21) über vor dem Verdichtereinlass auf einem Durchmesser des Ansaugkanals konzentrisch zur Welle (37) der Gasturbine (6) in Umfangsrichtung verteilt angeordnete Zuführungen (39) eingeleitet wird und die Menge des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms (21) durch Änderung der axialen Lage der Austrittsöffnung der Zuführungen (39) in dem Verdichtereinlass (3) geregelt oder gesteuert wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei Teillast und/ oder beim Start der Gasturbine Frischluft über ein Steuer- oder Regelelement (42) in den Strömungskanal des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms (21) geleitet wird.
10. Gasturbinenkraftwerk umfassend eine Gasturbine (6), einem Abhitzedampferzeuger (9), einen Verdichtereinlass (3) und einen Abgasteiler (29), der im Betrieb die Abgase (19) in einen ersten Abgasteilstrom (21) zur Rezirkulation in einen Ansaugstrom der Gasturbine (6) und in einen zweiten Abgasteilstrom (20) zur Abgabe an die Umgebung teilt, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichtereinlass in einen ersten Sektor (3') und einen zweiten Sektor (3'') aufgeteilt ist, an die sich der Strömungskanal des Verdichters anschliesst, wobei eine Zuführung für Frischluft an den ersten Sektor (3') angeschlossen ist und eine Rezirkulationsleitung zur Rezirkulation des ersten Abgasteilstroms (21) von dem Abgasteiler (29) an den zweiten Sektor (3'') angeschlossen ist und der zweite Sektor (3'') so dicht an den Verdichter (1) heranreicht, dass im Betrieb der Gasturbine der statische Druck am Austritt des zweiten Sektors (3'') so tief ist, dass die Differenz zwischen Totaldruck und statischem Druck grösser oder gleich einer Druckdifferenz ist, die erforderlich ist, um einen Zielmassenstrom des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms (21) in den Verdichtereinlass (3) einzusaugen.
11. Gasturbinenkraftwerk nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass im Betrieb der Gasturbine der statische Druck am Austritt des zweiten Sektors (3'') so tief ist, dass die Differenz zwischen Umgebungsdruck und statischem Druck am Austritt des zweiten Sektors (3'') grösser ist als Differenz von der Summe der Druckverluste in der Rezirkulationsleitung und aller Einbauten in der Rezirkulationsleitung und dem Überdruck im Abgasteiler (29) gegenüber dem Umgebungsdruck.
12. Gasturbinenkraftwerk nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Sektor (3') zur Zuführung von Frischluft (2) und der zweite Sektor (3'') zur Zuführung von rezirkuliertem ersten Abgasteilstrom (21) bei Ihren Austritten koaxial zueinander angeordnet sind.
13. Gasturbinenkraftwerk nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Sektor (3') zur Zuführung von Frischluft (2) und der zweite Sektor (3'') zur Zuführung von rezirkuliertem ersten Abgasteilstrom (21) bei Ihrem Austritten als konzentrische Kreisringe ausgeführt sind.
14. Gasturbinenkraftwerk einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Austritt des zweiten Sektors (3'') geometrisch variabel ist.

15. Gasturbinenkraftwerk einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Sektor (3') zur Zuführung von Frischluft (2) und der zweite Sektor (3'') zur Zuführung von rezirkuliertem ersten Abgasteilstrom (21) an ihrem Austritt durch ein variables Trennelement (49) getrennt sind.
16. Gasturbinenkraftwerk nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das variable Trennelement (49) in axialer Richtung verschiebbar angeordnet ist.
17. Gasturbinenkraftwerk nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das variable Trennelement (49) in radialer Richtung verschiebbar angeordnet ist.
18. Gasturbinenkraftwerk nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Verdichterdichtereinlass (3) vor dem Verdichtereintritt konzentrisch zur Welle (37) der Gasturbine (6) in Umfangsrichtung verteilt Zuführungen (39) zur Einleitung des rezirkulierten ersten Abgasteilstroms (21) angeordnet sind, wobei der axiale Abstand von den Austrittsöffnungen der Zuführungen (39) zum Verdichtereintritt einstellbar ist, um den rezirkulierten ersten Massenstrom (21) zu regeln oder zu steuern.
19. Gasturbinenkraftwerk einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der zweiten Sektor (3'') des Verdichtereintritts über ein Steuer- oder Regelement (42) mit einer Zuleitung für Frischluft (2) verbunden ist.



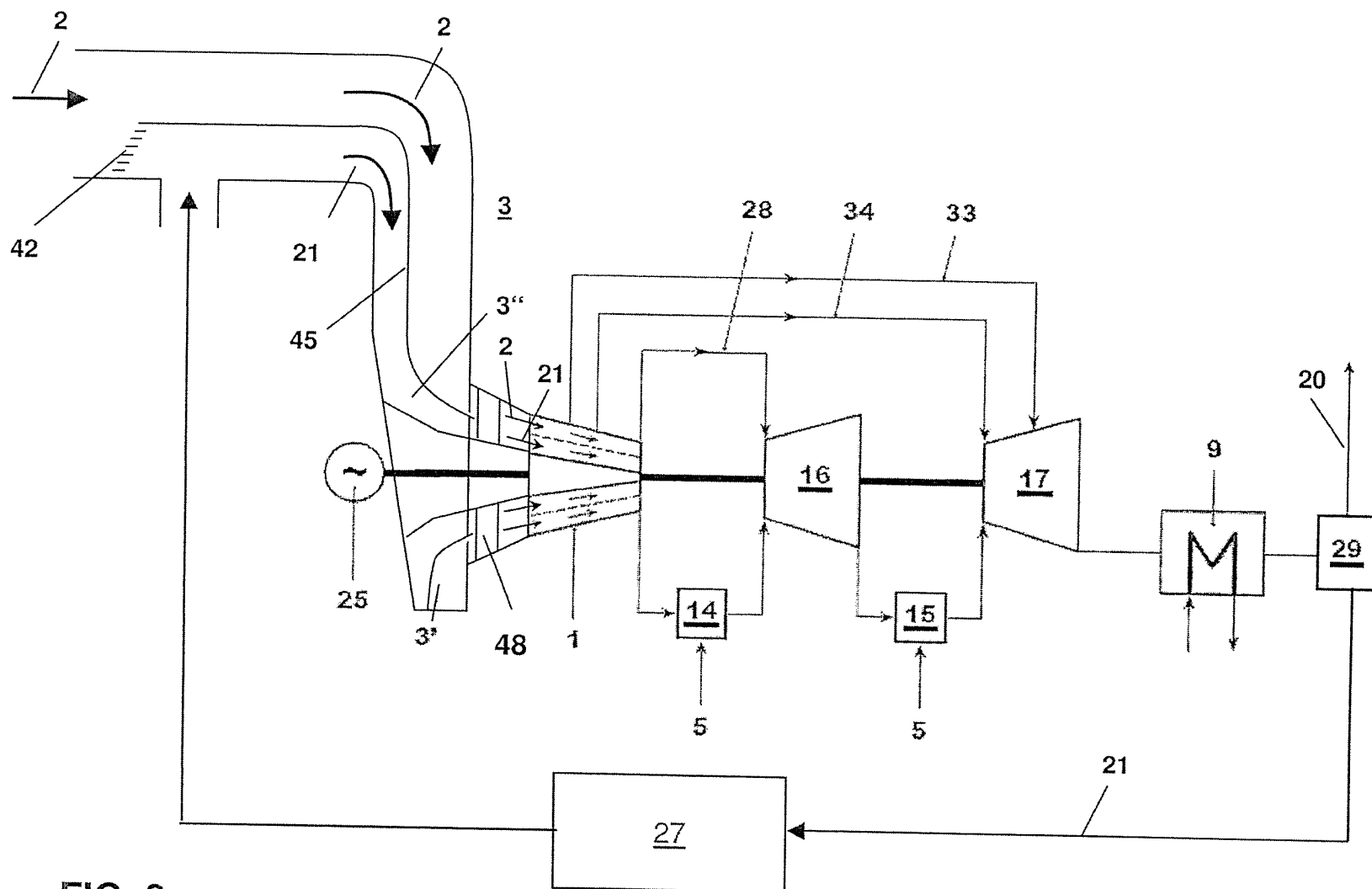
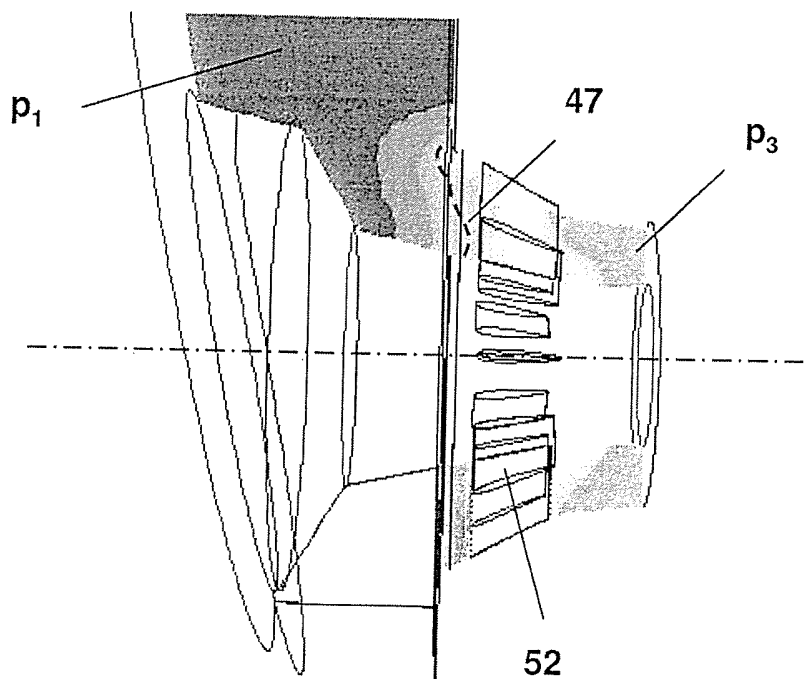
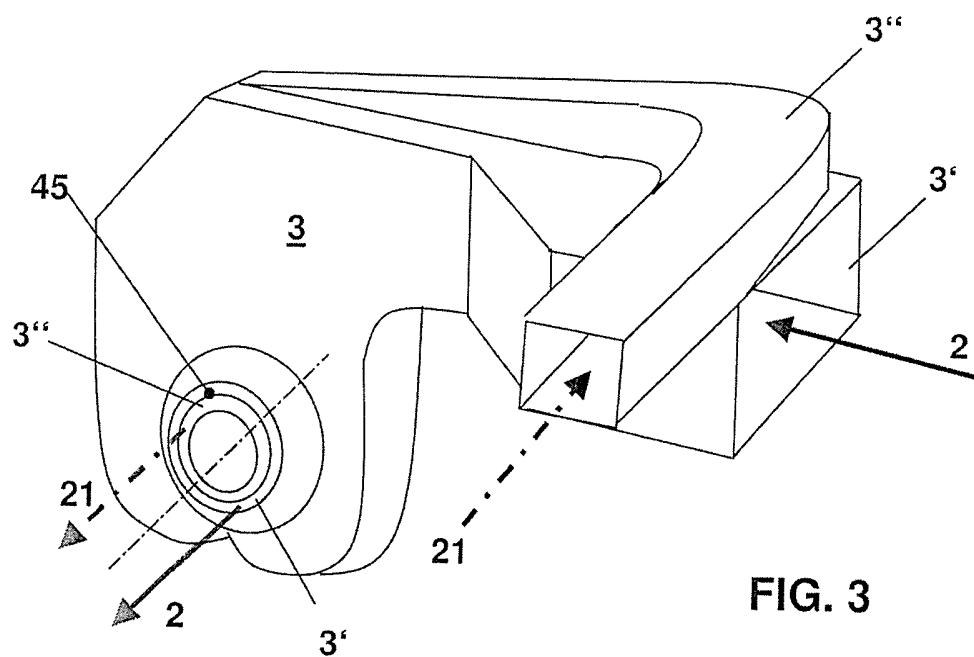


FIG. 2



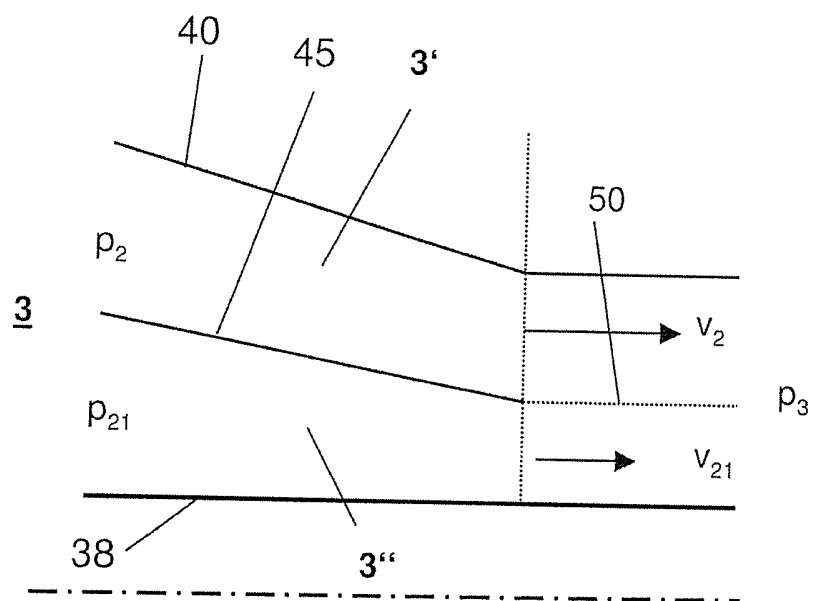


FIG. 5

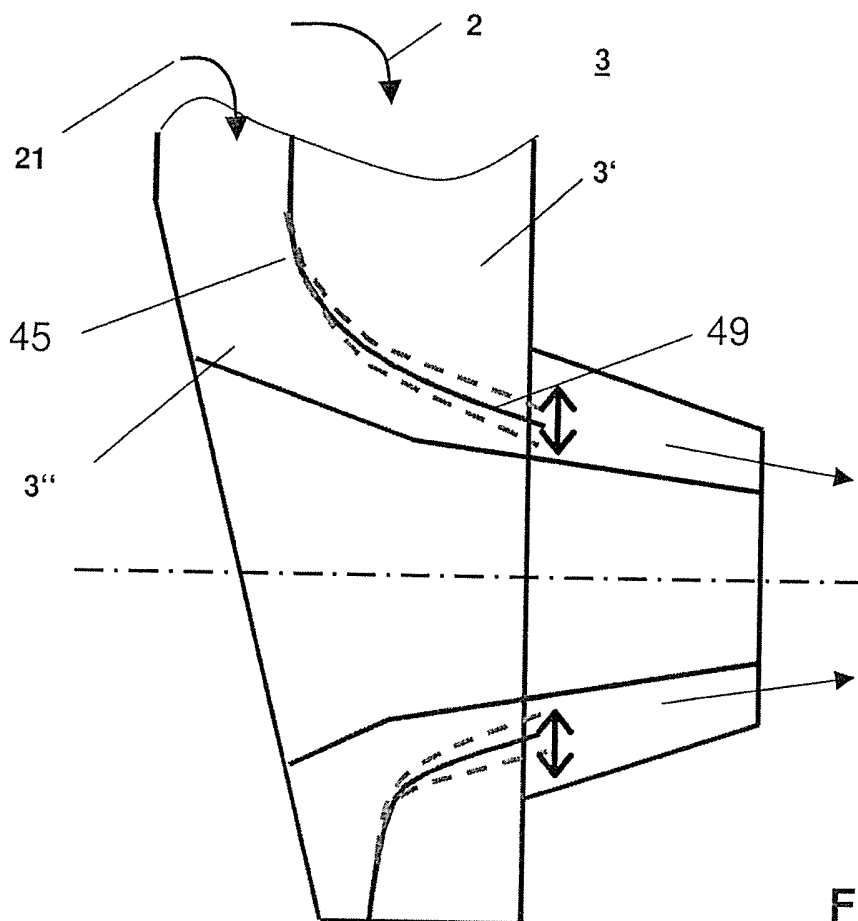


FIG. 6

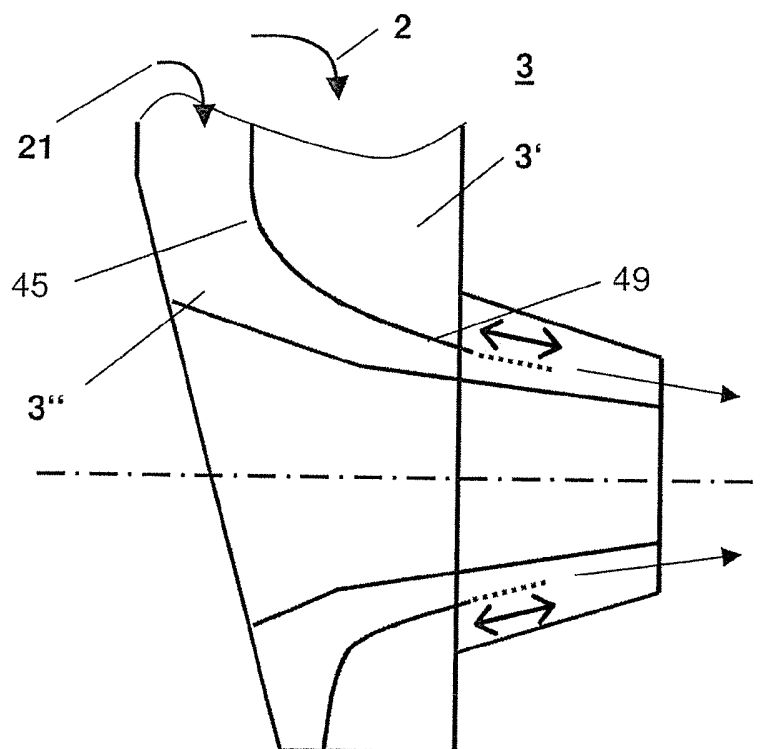
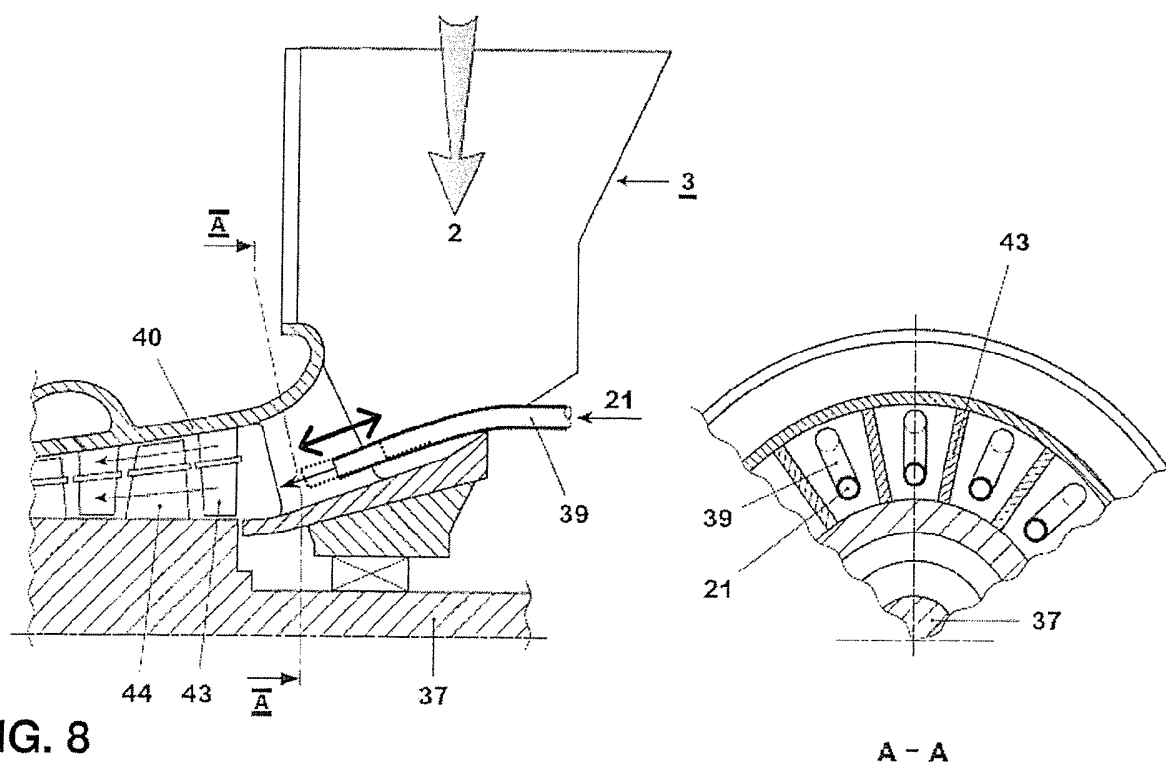


FIG. 7



**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

KENNZEICHNUNG DER NATIONALEN ANMELDUNG		AKTENZEICHEN DES ANMELDERS ODER ANWALTS	
		B11/141-0 CH	
Nationales Aktenzeichen		Anmeldedatum	
2722012		29-02-2012	
Anmelde land		Beanspruchtes Prioritätsdatum	
CH			
Anmelder (Name)			
ALSTOM Technology Ltd			
Datum des Antrags auf eine Recherche internationaler Art		Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat	
13-03-2012		SN57819	
I. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)			
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC			
F02C7/04;F01K13/02;F01K23/10;F02C3/34			
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE			
Recherchierter Mindestprüfstoff			
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole		
IPC	F02C;F01K;F22B		
Recherchierte, nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen			
III. ☐ EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT RECHERCHIERBAR ERWIESEN (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)			
IV. ☐ MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)			

Formblatt PCT/ISA 201 a (11/2000)

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 2722012

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. F02C7/04	F01K13/02	F01K23/10 F02C3/34
ADD.		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Flächenaktiver Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
F02C F01K F22B		
Rechengebiete, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die rechenrichtigen Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPD-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN		
Kategorie*	Bereichung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Seit. Anspruch Nr.
X	US 4 133 171 A (EARNEST ERNEST R ET AL) 9. Januar 1979 (1979-01-09)	1-7, 10-17
Y	* Abbildungen 1,2,3,6 *	8,9,18, 19
X	US 6 308 513 B1 (HATANAKA TAKEFUMI [JP]) 30. Oktober 2001 (2001-10-30)	1-5,7, 10-15,17
Y	* Abbildungen 1,2 *	
Y	US 3 703 807 A (RICE IVAN G) 28. November 1972 (1972-11-28)	8,18
	* Spalte 2, Zeile 63 - Spalte 4, Zeile 64; Abbildungen 1,2 *	
Y	US 2007/034704 A1 (HU TAILAI [US] ET AL) 15. Februar 2007 (2007-02-15)	9,19
	* Abbildungen 1,2 *	
	-/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die dem allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll, oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie angegeben) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht wurden ist und mit der Erfindung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann aber aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann ratsam ist "Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des tatsächlichen Abschlusses der Recherche internationaler Art		Abschließdatum des Berichts über die Recherche internationaler Art
19. Juni 2012		
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5018 Patentlaan 2 NL - 2220 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 345-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Beauftragter Lepers, Joachim

Formblatt PCT/ISA/201 (Blatt 2) (Januar 2004)

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 2722012

C. (Fortsetzung). ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Batr. Anspruch Nr.
Y	US 2007/227118 A1 (HU TAILAI [US] ET AL) 4. Oktober 2007 (2007-10-04) * Abbildung 1 *	9,19
A	CH 701 236 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 15. Dezember 2010 (2010-12-15) * Abbildungen 1,2 *	1,10

Formblatt PCT/ISA291 (Fortsetzung von Blatt 3) (Januar 2004)

Seite 2 von 2

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 2722012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentsdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4133171	A	09-01-1979	KEINE
US 6308513	B1	30-10-2001	JP 2000303854 A 31-10-2000 US 6308513 B1 30-10-2001
US 3703807	A	28-11-1972	KEINE
US 2007034704	A1	15-02-2007	AT 493614 T 15-01-2011 EP 1917469 A2 07-05-2008 US 2007034704 A1 15-02-2007 US 2011220037 A1 15-09-2011 WO 2007020496 A2 22-02-2007
US 2007227118	A1	04-10-2007	EP 1862529 A2 05-12-2007 US 2007227118 A1 04-10-2007
CH 701236	A1	15-12-2010	CH 701236 A1 15-12-2010 WO 2010142573 A2 16-12-2010

Formblatt PCT/ISA(201) (Anhang Patentfamilie) (Januar 2004)