

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **698 465 A2**

(51) Int. Cl.: **F02C** 7/12 (2006.01)

**Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00125/09

(22) Anmeldedatum: 28.01.2009

(43) Anmeldung veröffentlicht: 14.08.2009

(30) Priorität: 01.02.2008 US 12/024,235

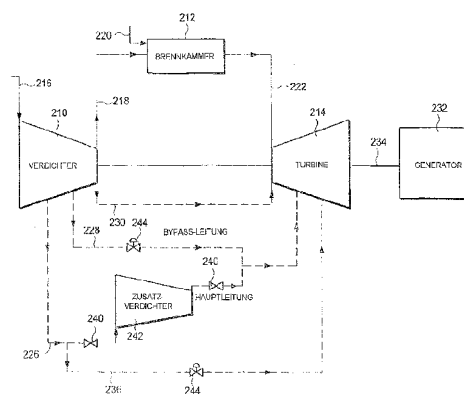
(71) Anmelder:  
General Electric Company, 1 River Road  
12345 Schenectady, New York (US)

(72) Erfinder:  
Ajit Singh Sengar, Uttar Pradesh 210425 (IN)  
Nattamai Venkataraman Saravanan,  
Chennai, Tamil Nadu 000023 (IN)  
Nagaraj Sathya Subramanya,  
Bangalore, Karnataka 560078 (IN)

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

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Turbinenkühlung.**

(57) Es wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Kühlung und/oder Abdichtung einer Gasturbine (214) durch selektive Verstärkung des Drucks von Luft bereitgestellt, die von einer unteren Absaugstufe abgesaugt wird. Der Druck der abgesaugten Luft (226) wird durch einen externen Verdichter (242) verstärkt, bevor er zur Kühlung und/oder Abdichtung der Turbinenkomponenten verfügbar wird. Eine Bypass-Leitung (228) schliesst eine höhere Absaugstufe ein, um Luft zur Kühlung der Turbine bereitzustellen.



## Beschreibung

### Hintergrund der Erfindung

[0001] Gasturbinen («GT») verwenden allgemein Luft, die von einer oder mehreren Stufe(n)/Öffnung(en) des GT-Hauptverdichters abgezapft wird, um die Kühlung und/oder Abdichtung der Komponenten im Heissgasweg im Inneren der GT zu gewährleisten. Luft wird aus dem Verdichter abgesaugt und von aussen den Stellen im Turbinenabschnitt zugeführt, die einer Kühlung bedürfen. Jede Luft, die im Verdichter verdichtet wird und nicht zur Erzeugung von Verbrennungsgasen genutzt wird, verringert den Wirkungsgrad der Maschine. Deshalb ist es wünschenswert, die Kühlluftmenge, die aus dem Verdichter abgesaugt wird, zu reduzieren.

[0002] Diese Luft muss im Vergleich zum Druck der heissen Verbrennungsgase im Inneren der GT einen ausreichend höheren Druck aufweisen (Gegendrucktoleranz), um einen unbeabsichtigten Heissgaseintritt in das Kühlsystem zu verhindern. Der Druck, der von den Turbinenkomponenten benötigt wird, bestimmt die Stufe, wo die Luft aus dem Verdichter abgesaugt wird. Um einen ausreichenden Versorgungsdruck zu gewährleisten, ist es wünschenswert, Absaugstufen/-öffnungen mit höheren Drucken zu wählen. Ein anderer Parameter, der die verfügbaren Absaugpunkte entlang der Verdichterstufen begrenzt, ist die Lage der Absaugöffnungen, um eine Abdrosselung und Druckschwankungen zu vermeiden. Doch die Absaugung von Luft aus der frühestmöglichen Stufe des Verdichters wird den Wirkungsgrad des Verdichters erhöhen, indem sie die Menge der Arbeit verringert, die in der abgesaugten Luft verloren geht. Deshalb ist es wünschenswert, den Kühlstrom für Turbinenkomponenten mit ausreichender Gegendrucktoleranz aus der möglichst unteren Absaugstufe des Verdichters zu entnehmen.

[0003] Verdichter weisen Absaugöffnungen auf, die an verschiedenen Stufen angeordnet sind, um Luft mit geeignetem Druck zur Turbinenkühlung über den gesamten Gasturbinen-Betriebsbereich hinweg zu entnehmen. Die Dimensionierung des Systems, um die Auslegungsanforderungen (z.B. Mindestströmung, Gegendrucktoleranz, Quelle und Senke-Druckverhältnis) bei schlechtesten Betriebsbedingungen (d.h., Betriebslast, Umgebungstemperatur) zu erfüllen, führt aber bei anderen Betriebsbedingungen zu einer übermässigen Verdichterabzapfung. Dies führt zu Verlusten sowohl in der Nutzleistungsabgabe als auch im Wirkungsgrad.

[0004] Fig. 1 zeigt die grundsätzliche Arbeitsweise konventioneller Kühlsysteme in Turbomaschinen. Der Verdichter 10 weist einen Einlass 16 auf, um Umgebungsluft anzusaugen. Verdichterluft kann von verschiedenen Stellen des Verdichters abgesaugt und verschiedenen Stellen der Turbine 14 zugeführt werden, die einer Kühlung bedürfen. Die Absaugstellen werden gewählt, um Luft mit den erforderlichen Drucken zuzuführen. Die verbleibende Verdichterluft 18 wird der Brennkammer 12 zugeführt, wo sie mit Brennstoff 20 vermischt wird. Das heisse Verbrennungsgas wird dann über den Strom 22 der Turbinenkomponente 14 zugeführt. Eine Einzelwelle 34 treibt den Generator 32 an. Die Ströme 26, 28 und 30 stellen Kühlluftentnahmen aus dem Verdichter dar, die zum Turbinenabschnitt der Turbomaschine geleitet werden, um Heissgasweg-Komponenten zu kühlen. Die Ströme 26 und 28 führen jeweils die Nieder- und Zwischendruck-Kühlluft zu und können über externe Rohrleitungen zu den Teilen geleitet werden, die einer Kühlung bedürfen. Der Strom 30 führt das Hochdruck-Kühlmittel zu und wird von einer höheren Stufe (z.B. Stufe 15 oder Stufe 16 oder dem Verdichterauslass) abgesaugt, um die Gegendrucktoleranz sowie den Massendurchsatzbedarf zu erfüllen. Der Strom 30 wird typischerweise durch das Innere der Turbomaschine geführt, z.B. durch die Bohrung des Verdichterturbinenläufers.

[0005] Zwischen- und/oder Niederdruck-Luft durchläuft eine konventionelle Öffnung, die den zur Kühlung zugeführten Massendurchsatz reguliert und den Überdruck senkt, bevor sie in die Turbine 14 eintritt, z.B. in die Turbinenstufen-Düse. Die statische Öffnungen lässt jedoch keine Anpassung an Tagesschwankungen in der Umgebungstemperatur zu. Da die Schwankung in der Umgebungstemperatur eine Schwankung im Luftdruck verursacht, führt dieses Design zu einer übermässigen Kühlluftabsaugung und zu einer begleitenden Leistungseinbusse.

[0006] Als Modifikation des obigen Systems wird typischerweise ein strömungsmodulierendes Ventil in den Weg der Zwischen- und/oder Niederdruck-Luft eingefügt, um die Regulierung der Kühlluftdurchflussmenge bei Tagesschwankungen der Umgebungstemperatur zu unterstützen. Dies beseitigt aber nicht die Drosselungsanforderung.

[0007] Eine weitere Modifikation, wie in US 6 550 253 erläutert, beinhaltet die Verwendung einer Strahldüse im Zwischenströmungsweg. In diesem modifizierten System dient der Strom aus unteren Stufen (zum Beispiel Absaugluft aus der 9. Stufe) als Absaugstrom, und Luft, die aus mittleren Stufen (zum Beispiel aus der 13. Stufe) abgesaugt wird, wird als Antriebsstrom genutzt. Dies führt zu Einsparungen in der teuren Kühlluft aus mittleren Stufen und der zugehörigen Verdichtungsarbeit. Die Leistung einer Strahldüse ist Schwankungen des vorgeordneten Saugdrucks sowie des Auslassdrucks gegenüber sehr empfindlich. Aus diesem Grunde wird die Leistung stark durch Tagesschwankungen in der Umgebungstemperatur beeinflusst.

[0008] Priestley (US 6 389 793) offenbart ein anderes Kühlverfahren, bei dem ein externer Verdichter, der mit Umgebungsluft versorgt wird, parallel zum Hauptverdichter der GT installiert ist. Dies erhöht die Verfügbarkeit von Luft für die Verbrennung und erhöht dadurch die Leistungsabgabe der GT. Fig. 2 zeigt ein Beispiel dieses alternativen Verfahrens. Der Einfachheit halber werden für entsprechende Komponenten ähnliche Bezugszeichen wie in Fig. 1 verwendet, jedoch mit einer vorstehenden «1». Die jeweiligen Nieder-, Zwischen- und Hochdruck-Kühlluftströme 126, 128 und 130 werden vom einem separaten externen Verdichter 136 erzeugt, der durch den Motor 138 angetrieben wird. Dieses Verfahren setzt aber voraus, dass der externe Verdichter hohe Druckverhältnisse erzeugt und daher dementsprechend ausgelegt ist. Zu-

sätzlich sind die betreffenden Volumenströme hoch, was die Grösse, das Gewicht und daher die Kosten des externen Verdichters erhöht.

[0009] Kozak (US 4 901 520) offenbart ein Kühlsystem für einen GT-Motor, bei dem Luft aus dem Endverdichter abgezapft wird und danach zusätzlich durch einen Nebenverdichter unter Druck gesetzt wird, um den Druck zu erhöhen, bevor sie dem Turbinenabschnitt des Motors zugeführt wird. Doch im obigen Kühlsystem ist der Nebenverdichter im Inneren der Gasturbine, eine Erweiterung des ersten Hauptverdichters. Zusätzlich dazu, dass der Absaugdruck hoch ist, bleibt die Endtemperatur der Luft hinter dem Nebenverdichter hoch. Deshalb gibt es keine Senkung im Kühlstrombedarf und keine damit verbundenen Vorteile in der Reduktion der nicht ladbaren Luft.

### Kurze Beschreibung der Erfindung

[0010] Hierin wird eine Vorrichtung und ein Verfahren beschrieben, um den Fluidstrom in einer Turbomaschine durch selektive Verstärkung des Drucks des aus einer Absaugstufe abgesaugten Fluidstroms zu regulieren. Ein erster Fluidstrom wird in einem Verdichter der Turbomaschine hergestellt und zu einer externen Komponente der Turbomaschine zur selektiven Verstärkung des Drucks des Fluidstroms geleitet. Der resultierende zweite Fluidstrom wird einer inneren Komponente der Turbomaschine zur Kühlung zugeführt. Das Verfahren beseitigt die Notwendigkeit, den Druck weit über den Versorgungspunktdruck zu erhöhen, wie dies bei verfügbaren Verdichterabsaugöffnungen erforderlich ist, wie im konventionellen Design, wodurch der Wirkungsgrad der gekühlten Turbomaschinen, z.B. Gasturbinen, erhöht wird. Die resultierende Abnahme in der Auslasstemperatur der Kühlluft ergibt eine Abnahme in der Gesamtmasse, die aus dem Verdichter abgesaugt wird, wodurch weniger ladbare Luft erzeugt wird, die hinter der Brennkammer der Turbomaschine eingeleitet wird. Der erhöhte Massenstrom zur Brennkammer sorgt für mehr Leistungsabgabe, indem mehr Brennstoff in der Gasturbine verbrannt wird.

[0011] In einer Ausführungsform weist die Vorrichtung eine Absaugöffnung auf, aus welcher ein erster Fluidstrom erzeugt wird und zu einer ersten Stelle ausserhalb der Turbomaschine geleitet wird, und eine Komponente ausserhalb der Turbomaschine, die einen zweiten Fluidstrom herstellt, dessen Druck höher ist als der Druck des ersten Stroms. Dann wird der zweite Strom zu einer zweiten Stelle im Inneren der Turbomaschine geleitet, um die Komponenten darin zu kühlen und/oder abzudichten.

[0012] In einer anderen Ausführungsform umfasst ein Verfahren zur Bereitstellung von Kühl- und/oder Abdichtungsluft im Inneren einer Turbomaschine das Absaugen eines ersten Fluidstroms aus einer Absaugstufe, das Leiten des Stroms zu einer ersten Stelle ausserhalb der Turbomaschine und das Erzeugen eines zweiten Stroms, dessen Druck höher ist als der des ersten Stroms, und das Zuführen des zweiten Stroms mit dem verstärkten Druck zu Komponenten im Inneren der Turbomaschine.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0013]

- Fig. 1 ist ein schematisches Diagramm eines konventionellen Kühlverfahrens für Gasturbinen.
- Fig. 2 zeigt eine Variante eines konventionellen Kühlverfahrens, das einen externen Verdichter zeigt, der mit Umgebungsluft versorgt wird.
- Fig. 3 ist ein schematisches Diagramm eines Kühlverfahrens für Gasturbinen nach einer Ausführungsform der Erfindung.

### Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0014] Fig. 3 zeigt eine beispielhafte veranschaulichende Ausführungsform zur Regelung der Eigenschaften eines Fluidstroms in Turbomaschinen durch selektive Verstärkung. Der Einfachheit halber werden für entsprechende Komponenten ähnliche Bezugszeichen wie in Fig. 1 verwendet, jedoch mit einer vorstehenden «2». Der Ausdruck «selektive Verstärkung» bedeutet das Erhöhen des Drucks von Luft, die mindestens zum Teil aus einer Absaugstufe eines Verdichters der Turbomaschine abgesaugt wird, auf einen gewünschten Wert, und dann das Verwenden dieser Luft zur Kühlung und/oder Abdichtung der Gasturbinenkomponenten der Turbomaschine, statt direkt Verdichterluft mit hohem Druck als Kühlluft zu verwenden.

[0015] In einer beispielhaften veranschaulichenden Ausführungsform wird Luft 226 aus einer Verdichterstufe mit Luft bei einem relativ niedrigem Druck (zum Beispiel die 9. Stufe) abgesaugt, die nach dem Durchlauf des Absperrventils 240 den externen Zusatzverdichter 242 erreicht. Der externe Verdichter erhöht den Druck der Zuluft auf einen erforderlichen Wert und macht sie für die Kühlung und/oder Abdichtung einer Komponente verfügbar, zum Beispiel der Düse und dem Hohlraum der Turbinenstufe der Turbine 214, die hinter dem externen Zusatzverdichter liegt. Demgegenüber wird in konventionellen Kühlsystemen die Absaugung aus einer Stufe durchgeführt, die höher ist als die untere Stufe (z.B., die 13. Stufe des Verdichters), um Kühlluft bereitzustellen, die die Gegendruckanforderung erfüllt.

[0016] In einer anderen beispielhaften veranschaulichenden Ausführungsform wird eine Bypass-Leitung zur Kühlung der Turbine mit Luft 228 vorgesehen, die aus einer Zwischendruck-Stufe (zum Beispiel die 13. Stufe des Verdichters) abge-

saugt wird. Die Luft 228 durchläuft das Modulationsventil 244, bevor sie an die Turbine 214 abgegeben wird. Die Verwendung einer bestehenden Leitung (siehe z.B. Fig. 1 und die Leitung 28 darin) als Bypass-Leitung erleichtert den Kühlstrom bei einem Ausfall des externen Verdichters, wodurch der Kühl- und/oder Abdichtungs- betrieb für die Turbine wiederhergestellt wird, die Zuverlässigkeit des Kühl- und/oder Abdichtsystems erhöht wird und die Nachrüstung dieses Designs in bestehenden Systemen vereinfacht wird.

**[0017]** Zusätzlich zur Hauptleitung und Bypass-Leitung kann eine Leitung 236 vorgesehen werden, die von der Hauptleitung 226 abzweigt. Dies entspricht der gleichen Niederdruck-Absaugleitung zur Versorgung der hinteren Turbinenstufen wie in den konventionellen Kühlsystemen. Luft 236 läuft durch das Modulationsventil 244, bevor sie an einer anderen Stelle der Turbine verfügbar wird. Überdies stellt die Leitung 230 Abzapfluft mit relativ hohem Druck dar, die zum Beispiel aus Stufe 15 oder Stufe 16 des Verdichters oder einem Verdichterauslasspunkt abgesaugt wird. Diese Luft wird innen geführt und zur Kühlung anderer Stellen der Turbine genutzt, z.B. der Brennkammerauskleidungen, der Schaufeln der 1. und/oder 2. Stufe, der Eingangsstufen und Düsen.

**[0018]** Die Verwendung der unter Druck gesetzten Luft der unteren Stufen beseitigt die Notwendigkeit hoher Verdichtungsverhältnisse für den Zusatzverdichter. Ferner werden die Volumenströme auf signifikante Weise reduziert, fast um ein Siebtel im Vergleich zu einem konventionellen Kühlsystem in Umgebungsluft, wodurch die Grösse, das Gewicht und die Kosten des Verdichters auf wünschenswerte Weise reduziert werden.

**[0019]** Das Kühlverfahren der beispielhaften veranschaulichenden Ausführungsform, die hierin vorgestellt wurde, beseitigt die Verdichterarbeit, die notwendig ist, um den Druck weit über den Versorgungspunkt für die Turbinenkomponentenkühlung zu erhöhen. Dies verbessert den Wirkungsgrad und die Nettoleistung von Gasturbinen, selbst unter Berücksichtigung der benötigten Zusatzverdichter-Leistung.

**[0020]** Zusätzlich führt die Senkung in der Auslasstemperatur der Kühlluft, die auf den reduzierten Auslassdruck zurückzuführen ist, zu einer nachfolgenden Abnahme in der Gesamtluftmasse, die aus dem Verdichter abgesaugt wird. Dies erhöht die Verfügbarkeit der nicht ladbaren Luft, was zu einem erhöhten Massendurchsatz zur Brennkammer führt. Die zusätzliche Luft kann zur Erhöhung der Leistungsabgabe genutzt werden, indem in der GT mehr Brennstoff verbrannt wird.

**[0021]** Das Kühl- und Abdichtungssystem mit selektiver Verstärkung verwendet externe, im Handel erhältliche Verdichter, die z. B. durch eine thermische, elektrische, hydraulische, chemische Quelle oder eine Kombination davon angetrieben werden kann, die im Vergleich zu Vorrichtungen wie Strahldüsen viel leistungsfähiger sind. Zudem ist ihre Leistung Tageschwankungen der Umgebungstemperatur gegenüber nicht sehr empfindlich.

**[0022]** Allgemein benutzt sich die schriftliche Beschreibung Beispiele, um die Erfindung einschliesslich der besten Art der Ausführung zu offenbaren, und auch, um dem Fachmann die Umsetzung der Erfindung in die Praxis zu erlauben, einschliesslich der Herstellung und Anwendung von Geräten und Systemen und der Durchführung der zugehörigen Verfahren. Der patentfähige Umfang der Erfindung wird durch die Ansprüche definiert und kann andere Beispiele einschliessen, die dem Fachmann einfallen werden. Derartige andere Beispiele liegen im Umfang der vorliegenden Erfindung, wenn sie Strukturelemente aufweisen, die nicht vom Wortlaut der Ansprüche abweichen, oder wenn sie äquivalente Strukturelemente mit unwesentlichen Abweichungen vom Wortlaut der Ansprüche aufweisen.

**[0023]** Auch wenn die Erfindung in Verbindung mit dem beschrieben wurde, was gegenwärtig als die praktischste und bevorzugte Ausführungsform betrachtet wird, versteht es sich, dass die Erfindung sich nicht auf die offenbarte Ausführungsform beschränkt, sondern im Gegenteil verschiedene Modifikationen und äquivalente Anordnungen abdecken soll, die im Geist und Umfang der beiliegenden Ansprüche liegen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bereitstellung eines Kühl- und/oder Abdichtungsfluidstroms in Turbomaschinen, umfassend:
  - a) das Herstellen eines ersten Fluidstroms (226) in der Turbomaschine und das Leiten des ersten Fluidstroms zu einer ersten Stelle ausserhalb der Turbomaschine;
  - b) das Herstellen eines zweiten Fluidstroms an dieser ersten Stelle, wobei dieser zweite Fluidstrom einen Druck aufweist, der höher ist als der Druck des ersten Fluidstroms; und
  - c) das Zuführen des zweiten Fluidstroms an eine zweite Stelle im Inneren der Turbomaschine, wobei der Schritt des Herstellens eines ersten Fluidstroms (226) das Absaugen des ersten Fluidstroms (226) aus einer Stufe eines Verdichters (210) umfasst, der Teil der Turbomaschine ist, der Schritt des Herstellens eines zweiten Fluidstroms das Leiten des ersten Fluidstroms (226) durch einen externen Zusatzverdichter (242) umfasst, und wobei der Schritt des Zuführens des zweiten Fluidstroms an eine zweite Stelle das Bereitstellen dieses zweiten Fluidstroms für eine Gasturbinenkomponente (214) umfasst, die Teil der Turbomaschine ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, ausserdem umfassend das Leiten des ersten Fluidstroms (226) durch ein erstes Absperrventil (240), bevor er in den externen Zusatzverdichter (242) eintritt, und das Leiten des aus dem externen Zusatzverdichter (242) austretenden Fluidstroms durch ein zweites Absperrventil (240), bevor er der zweiten Stelle zugeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, ausserdem umfassend das Herstellen eines dritten Fluidstroms (228) in der Turbomaschine und das Zuführen des dritten Fluidstroms an die zweite Stelle der Turbomaschine, wobei der Schritt des Herstellens eines dritten Fluidstroms (228) in der Turbomaschine das Absaugen des dritten Fluidstroms (228) von einer anderen Stufe des zur Turbomaschine gehörigen Verdichters (210) mit einem Druck umfasst, der höher ist als der Druck des ersten Fluidstroms (226).
4. Verfahren nach Anspruch 3, ausserdem umfassend das Leiten des dritten Fluidstroms (228) durch ein Modulationsventil (244).
5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Temperatur des zweiten Fluidstroms niedriger ist als die des dritten Stroms (228), was zu einem reduzierten Massendurchsatzbedarf für die Kühlung führt, einen erhöhten Massendurchsatz zu einer Brennkammer (212) bewirkt, die Teil der Turbomaschine ist, und die Ausgangsleistung der Turbomaschine erhöht.
6. Vorrichtung zur Bereitstellung eines Kühl- und/oder Abdichtungsfluidstroms in Turbomaschinen, umfassend:
  - a) eine erste Absaugöffnung, um einen ersten Fluidstrom (226) in der Turbomaschine herzustellen und den ersten Fluidstrom zu einer ersten Stelle ausserhalb der Turbomaschine zu leiten;
  - b) eine Komponente (242) an dieser ersten Stelle ausserhalb der Turbomaschine, um einen zweiten Strom an der ersten Stelle herzustellen, wobei dieser zweite Fluidstrom einen Druck aufweist, der höher ist als der Druck des ersten Fluidstroms; wobei der zweite Strom einer zweiten Stelle im Inneren der Turbomaschine zugeführt wird, wobei der erste Fluidstrom (226) von einer ersten Absaugöffnung eines Verdichters (210) abgesaugt wird, der Teil der Turbomaschine ist, und der erste Fluidstrom (226) einen externen Zusatzverdichter (242) durchläuft, um den zweiten Fluidstrom herzustellen, und wobei der zweite Fluidstrom einer Gasturbinenkomponente (214) zugeführt wird, die Teil der Turbomaschine ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, ausserdem umfassend ein erstes Absperrventil (240), das zwischen der ersten Absaugöffnung und dem externen Zusatzverdichter (242) angeordnet ist, und ein zweites Absperrventil (240), das zwischen dem externen Zusatzverdichter (242) und der zweiten Stelle angeordnet ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6, ausserdem umfassend eine Bypass-Leitung (228) zum Herstellen eines dritten Fluidstroms (228) in der Turbomaschine und zum Zuführen des dritten Fluidstroms (228) an der zweiten Stelle der Turbomaschine, um die Zuverlässigkeit des Turbomaschinensystems und die Nachrüstbarkeit am bestehenden System zu erhöhen.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, ausserdem umfassend ein Modulationsventil (244), das zwischen der zweiten Absaugöffnung und der zweiten Stelle angeordnet ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Temperatur des zweiten Fluidstroms niedriger ist als die des dritten Stroms (228), was zu einem geringeren Massendurchsatzbedarf zur Kühlung führt, einen erhöhten Massendurchsatz zu einer Brennkammer (212) bewirkt, die Teil der Turbomaschine ist, und die Ausgangsleistung der Turbomaschine erhöht.

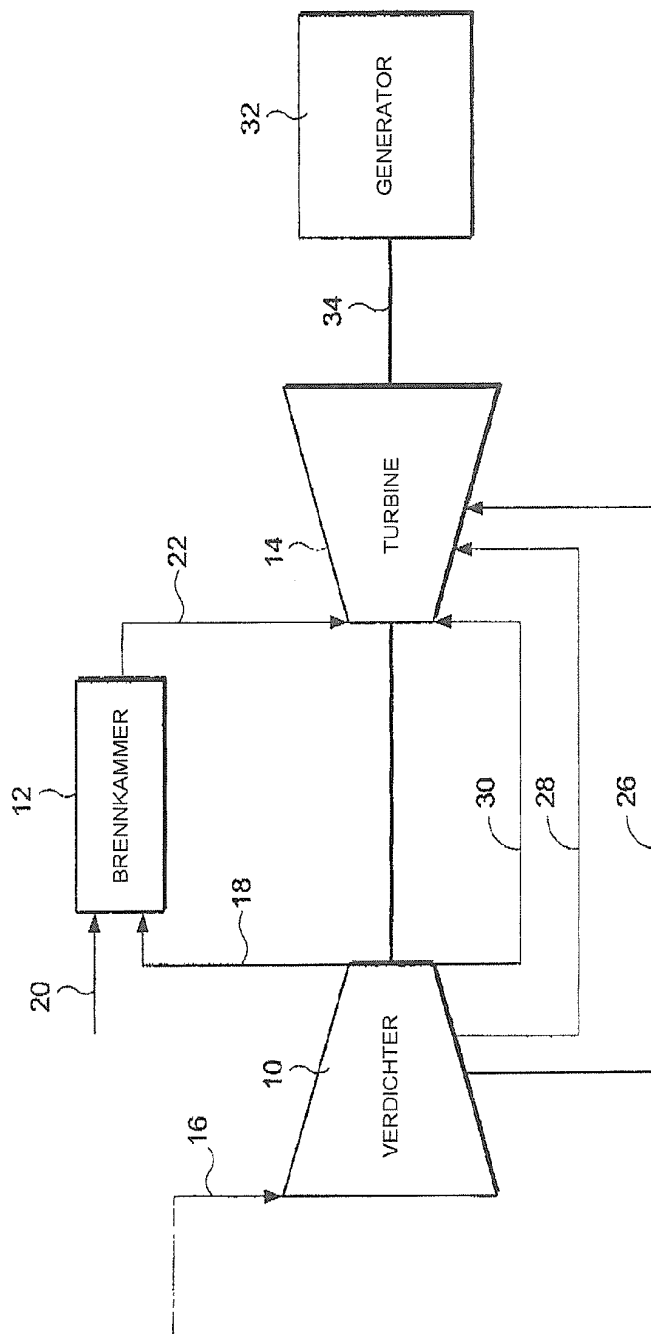


Fig. 1

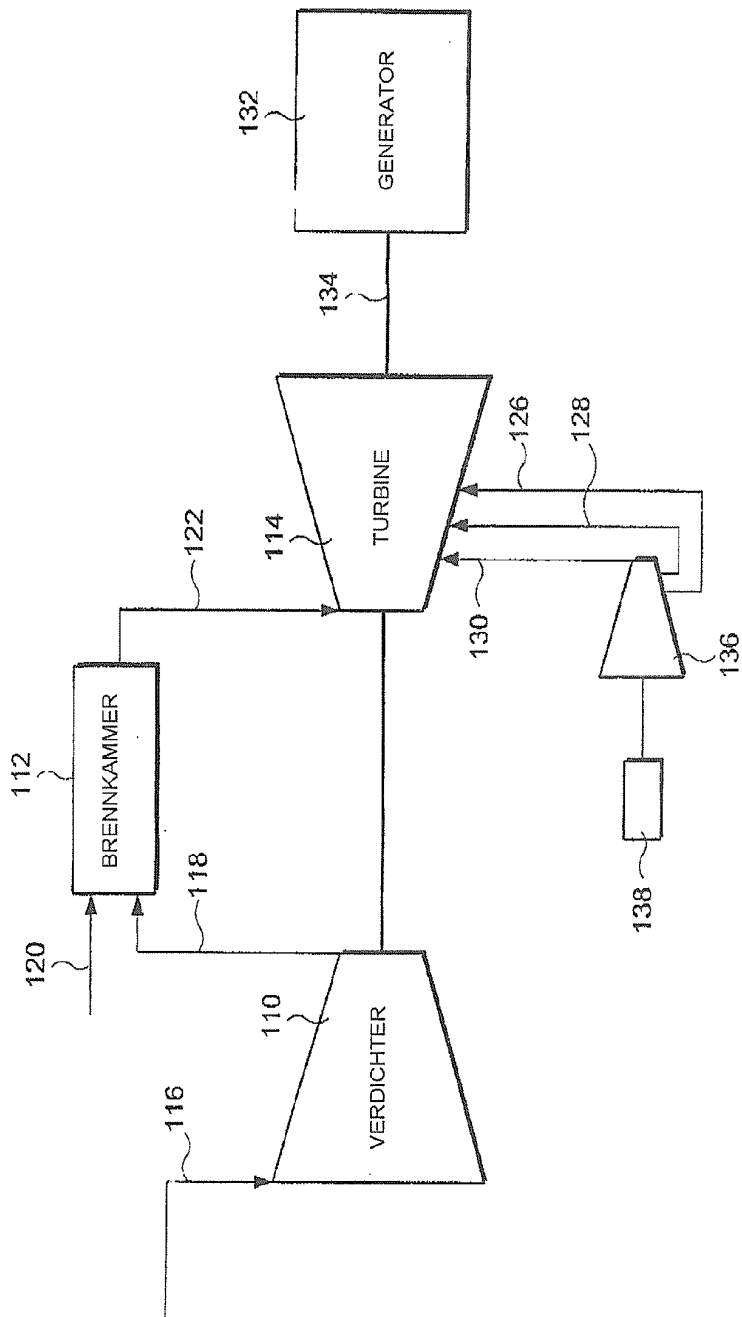


Fig. 2

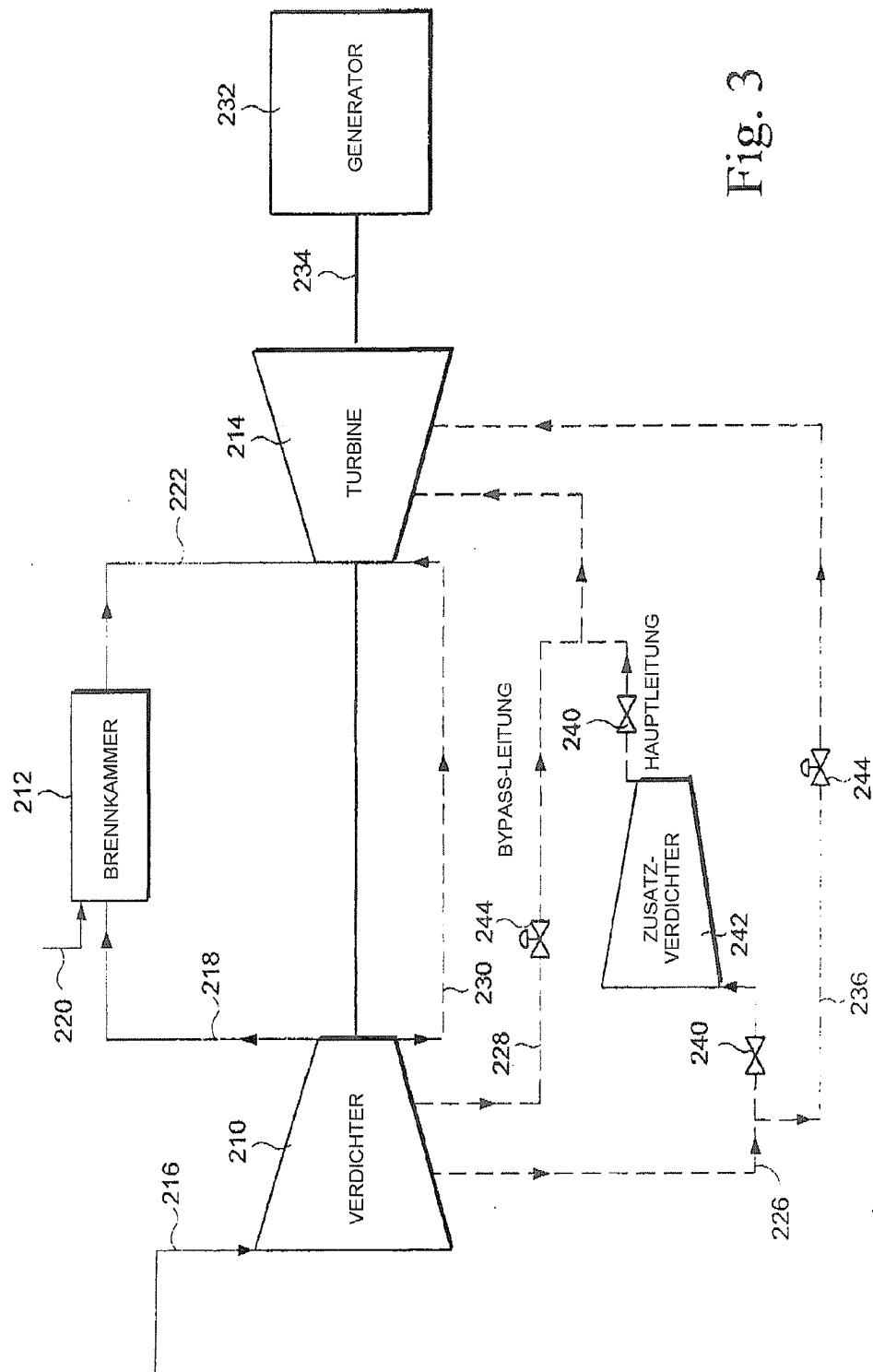


Fig. 3