

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 698 412 A2

(51) Int. Cl.: F02C 6/00 (2006.01)  
F02C 3/107 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

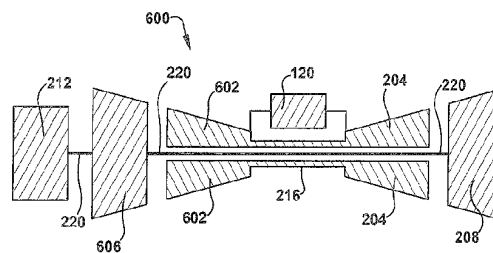
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer:	00113/09	(71) Anmelder:	General Electric Company, 1 River Road 12345 Schenectady, New York (US)
(22) Anmeldedatum:	26.01.2009	(72) Erfinder:	Gunnar Leif Siden, Greenville, South Carolina 29615 (US) Sal Albert Leone, Scotia, New York 12302 (US) John E. Sholes, Kings Mountain, North Carolina 28086 (US) Victor G. Hatman, Easley, South Carolina 29642 (US) Douglas Carl Hofer, Clifton Park, New York 12065 (US) Thomas W. Vandeputte, Simpsonville, South Carolina 29681 (US) Sylvain Pierre, Greer, South Lane 29650 (US)
(43) Anmeldung veröffentlicht:	31.07.2009	(74) Vertreter:	R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4 8008 Zürich (CH)
(30) Priorität:	31.01.2008 US 12/023,298		

(54) Kraftwerk-Turbinensystem.

(57) Kraftwerk-Turbinensystem, wobei das System umfasst: einen Axialverdichter, der einen Luftstrom verdichtet, der dann mit einem Brennstoff vermischt wird und in einer Brennkammer (120) so verbrannt wird, dass der resultierende Heissgasstrom durch eine Turbine geleitet wird; wobei: der Axialverdichter einen Niederdruck-Verdichterabschnitt (606) und einen Hochdruck-Verdichterabschnitt (602) aufweist; die Turbine einen Niederdruck-Turbinenabschnitt (208) und einen Hochdruck-Turbinenabschnitt (204) aufweist; der Hochdruck-Turbinenabschnitt (204) über eine erste Welle (216) derart mit dem Hochdruck-Verdichterabschnitt (602) gekoppelt ist, dass der Hochdruck-Turbinenabschnitt (204) in Betrieb den Hochdruck-Verdichterabschnitt (602) antreibt; der Niederdruck-Turbinenabschnitt (208) über eine zweite Welle (220) derart mit einem Niedergeschwindigkeitsgenerator (212) gekoppelt ist, dass der Niederdruck-Turbinenabschnitt (208) in Betrieb den Niedergeschwindigkeitsgenerator (212) antreibt; und der Niederdruck-Turbinenabschnitt (208) über die zweite Welle (220) derart mit dem Niederdruck-Verdichterabschnitt (606) gekoppelt ist, dass der Niederdruck-Turbinenabschnitt (208) in Betrieb den Niederdruck-Verdichterabschnitt (606) antreibt.



## Beschreibung

### Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Turbinenmotoren und -Systeme. Das heisst, aber ohne darauf beschränkt zu sein, die vorliegende Anmeldung betrifft Systeme zur Verbesserung der Turbinenleistung durch Verwendung, unter anderem, von Mehrwellen-Anordnungen und/oder Halbgeschwindigkeitsgeneratoren.

[0002] Mit den steigenden Energiekosten und der zunehmenden Nachfrage ist die Aufgabe der Verbesserung des Wirkungsgrads von Gasturbinen stets von Bedeutung. Zu diesem Zweck wurden als eine Methode, um den Wirkungsgrad der Stromerzeugung zu erhöhen, grössere Gasturbinen vorgeschlagen, die in der Lage sind, höhere Massendurchsätze zu handhaben. Doch Gasturbinen, die zur Stromerzeugung eingesetzt werden, sind aufgrund des Zusammenspiels von zwei Faktoren in der Grösse eingeschränkt. Erstens werden Kraftwerksgasturbinen allgemein mit der gleichen Frequenz wie das Wechselstromnetz betrieben, um die Notwendigkeit eines Untersetzungsgetriebes zu vermeiden. Weil Wechselstrom in den meisten Ländern der Welt mit einer Frequenz von 50 oder 60 Hz verteilt wird, ist die Betriebsfrequenz für Kraftwerksgasturbinen auf 50 oder 60 Hz beschränkt. (Der Kürze und Klarheit halber werden die zwei gängigsten Stromerzeugungsfrequenzen, d.h., 50 Hz und 60 Hz, hierin als 60 Hz bezeichnet. Ausser bei anderslautender Angabe versteht es sich, dass eine Bezugnahme auf eine 60 Hz-Frequenz auch eine Bezugnahme auf die 50 Hz-Frequenz sowie ähnliche Frequenzen beinhaltet, die in einem Wechselstromnetz verwendet werden können.)

[0003] Der zweite Faktor ist die Unfähigkeit gegenwärtiger Materialien, den Zentrifugalbelastungen standzuhalten, die mit den rotierenden Teilen grösserer Turbinen verbunden sind. Wenn Turbinen an Grösse und Durchsatz zunehmen, müssen notwendigerweise auch die rotierenden Teile der Turbine an Grösse und Gewicht zunehmen. Doch für die rotierenden Teile wie z.B. die Turbinenschaufeln hat diese Zunahme in der Grösse und im Gewicht zur Folge, dass diese Teile einer signifikanten Zunahme in der Zentrifugalbelastung ausgesetzt werden, wenn die normale Betriebsfrequenz von 50-60 Hz beibehalten wird. Wie der Fachmann erkennen wird, ist dieser Zustand vor allem bei den grösseren und schwereren Turbinenschaufeln der Niederdruck- oder hinteren Stufen der Turbine problematisch. In den vorderen Abschnitten des Verdichters, wo die grösseren Verdichterschaufeln liegen, können übermässige Zentrifugalbelastungen ein ähnliches einschränkendes Problem darstellen. Daher machen gegenwärtige Materialbeschränkungen die Herstellung von Teilen, die in diesen grösseren Turbinen erfolgreich betrieben werden können, unmöglich oder unerschwinglich teuer.

[0004] Die Kombination dieser zwei Probleme begrenzt allgemein die Grösse, in welcher Kraftwerksturbinen kosteneffizient konstruiert werden können. Als Ergebnis werden grössere Turbinen mit höherem Wirkungsgrad nicht implementiert. Daher besteht ein Bedarf nach verbesserten Verfahren und Systemen des Turbinenbetriebs, die es erlauben, grössere Turbinen auf kosteneffiziente Weise zu konstruieren und zu betreiben.

### Kurze Beschreibung der Erfindung

[0005] Die vorliegende Anmeldung beschreibt daher ein Kraftwerk-Turbinensystem, das einen Axialverdichter aufweisen kann, der einen Luftstrom verdichtet, der dann mit einem Brennstoff vermischt wird und so in einer Brennkammer verbrannt wird, dass der resultierende Heissgasstrom durch eine Turbine geleitet wird. Der Axialverdichter kann einen Niederdruck-Verdichterabschnitt und einen Hochdruck-Verdichterabschnitt einschliessen. Die Turbine kann einen Niederdruck-Turbinenabschnitt und einen Hochdruck-Turbinenabschnitt einschliessen. Der Hochdruck-Turbinenabschnitt kann über die erste Welle derart mit dem Hochdruck-Verdichterabschnitt gekoppelt sein, dass der Hochdruck-Turbinenabschnitt in Betrieb den Hochdruck-Verdichterabschnitt antreibt. Der Niederdruck-Turbinenabschnitt kann über eine zweite Welle derart mit einem Niedergeschwindigkeitsgenerator gekoppelt sein, dass der Niederdruck-Turbinenabschnitt in Betrieb den Niedergeschwindigkeitsgenerator antreibt. Und der Niederdruck-Turbinenabschnitt kann über die zweite Welle derart mit dem Niederdruck-Verdichterabschnitt gekoppelt sein, dass der Niederdruck-Turbinenabschnitt in Betrieb den Niederdruck-Verdichterabschnitt antreibt.

[0006] Die vorliegende Anmeldung kann ausserdem ein Kraftwerk-Turbinensystem beschreiben, das umfassen kann:

- 1) eine Turbine, die zwei Abschnitte aufweist, einen Hochdruck-Turbinenabschnitt und einen Niederdruck-Turbinenabschnitt, die jeder auf einer getrennten Welle liegen;
- 2) einen Axialverdichter, der einen Luftstrom verdichtet, der dann mit einem Brennstoff vermischt wird und in einer Brennkammer so verbrannt wird, dass der resultierende Heissgasstrom durch die Turbine geleitet wird, wobei der Axialverdichter einen Niederdruck-Verdichterabschnitt und einen Hochdruck-Verdichterabschnitt aufweist;
- 3) einen Vierpolgenerator;
- 4) eine erste Welle, die den Hochdruck-Turbinenabschnitt derart mit dem Hochdruck-Verdichterabschnitt koppelt, dass der Hochdruck-Turbinenabschnitt in Betrieb den Hochdruckverdichter antreibt; und

- 5) eine zweite Welle, die den Niederdruck-Turbinenabschnitt derart mit dem Vierpolgenerator und dem Niederdruckverdichter koppelt, dass der Niederdruck-Turbinenabschnitt in Betrieb den Vierpolgenerator und den Niederdruckverdichter antreibt.

[0007] Der Hochdruck-Turbinenabschnitt kann zwischen 1 und 2 Stufen umfassen, und der Niederdruck-Turbinenabschnitt kann zwischen 2 und 4 Stufen umfassen. Der Hochdruck-Turbinenabschnitt kann konfiguriert sein, um betrieben zu werden, wenn der Druck des dadurch strömenden Arbeitsfluids zwischen etwa 260 und 450 psi liegt; und der Niederdruck-Turbinenabschnitt kann konfiguriert sein, um betrieben zu werden, wenn der Druck des dadurch strömenden Arbeitsfluids zwischen etwa 50 und 150 psi liegt. Die Turbine kann Mehrfachstufen aufweisen; und der Hochdruck-Turbinenabschnitt kann die vorderen Stufen der Turbine umfassen, und der Niederdruck-Turbinenabschnitt kann die hinteren Stufen der Turbine umfassen. Der Niedergeschwindigkeitsgenerator kann einen Vierpolgenerator umfassen. Der Niedergeschwindigkeitsgenerator kann einen Sechspolgenerator umfassen. Der Niedergeschwindigkeitsgenerator kann einen Achtpolgenerator umfassen. Die allgemeine Betriebsfrequenz des Niederdruck-Turbinenabschnitts, des Niederdruck-Verdichterabschnitts und des Niedergeschwindigkeitsgenerators kann etwa 25 bis 30 Hz sein. Die allgemeine Betriebsfrequenz des Hochdruck-Turbinenabschnitts und des Hochdruck-Verdichterabschnitts kann mindestens etwa 50 Hz sein. Die allgemeine Betriebsfrequenz des Hochdruck-Turbinenabschnitts und des Hochdruck-Verdichterabschnitts kann mindestens etwa 70 Hz sein.

[0008] Diese und andere Merkmale der vorliegenden Anmeldung gehen aus der folgenden ausführlichen Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen in Verbindung mit den Zeichnungen und den beiliegenden Ansprüchen hervor.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

#### [0009]

- Fig. 1 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems mit konventionellem Design veranschaulicht.
- Fig. 2 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems nach einer Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht.
- Fig. 3 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems nach einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht.
- Fig. 4 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems nach einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht.
- Fig. 5 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems nach einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht.
- Fig. 6 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems nach einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht.
- Fig. 7 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems nach einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht.
- Fig. 8 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems nach einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht.
- Fig. 9 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems nach einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht.

### Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0010] Nun Bezug nehmend auf die Zeichnungen, wobei die verschiedenen Bezugszeichen überall in den Ansichten gleiche Teile darstellen, ist Fig. 1 eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems des Stands der Technik veranschaulicht. Allgemein gewinnt eine Gasturbine Energie aus einem Heißgasstrom, der durch Verbrennung von Gas oder Heizöl in einem Strom verdichteter Luft erzeugt wird. Als solche umfasst die Gasturbine 100 einen vorgeordneten Axialverdichter oder Verdichter 104, der durch eine einzelne oder gemeinsame Welle 108 mit einer nachgeordneten Turbine 112 und einem Generator 116 mechanisch gekoppelt ist, mit einer Brennkammer 120, die zwischen dem Verdichter 104 und der Turbine 112 angeordnet ist.

[0011] In Betrieb kann die Drehung der Verdichterschaufeln im Axialverdichter 104 einen Luftstrom verdichten. Energie kann dann freigesetzt werden, wenn die verdichtete Luft in der Brennkammer 120 mit Brennstoff vermischt und entzündet wird. Der resultierende Strom expandierender Heißgase aus der Brennkammer kann dann über die Laufschaufeln in der Turbine 112 geleitet werden, wodurch die Energie des Heißgasstroms in die mechanische Energie der rotierenden Welle 108 umgewandelt wird. Wie beschrieben, kann die gemeinsame Welle 108 den Verdichter 104 derart mit der Turbine 112

koppeln, dass die Drehung der Welle 108, die durch den Strom durch die Turbine 112 verursacht wird, den Verdichter 104 antreiben kann. Die gemeinsame Welle 108 kann auch die Turbine 112 derart mit dem Generator 116 koppeln, dass die Drehung der Welle 108, die durch den Strom durch die Turbine 112 verursacht wird, den Generator 116 antreiben kann.

**[0012]** Der Generator 116 wandelt die mechanische Energie der rotierenden Welle in elektrische Energie um. In Stromerzeugungsanwendungen ist der Generator 116 typischerweise ein Zweipolgenerator. Wie für den Fachmann hervorgeht, muss in Abwesenheit eines Getriebes – das allgemein die Komplexität und die Kosten des Systems erhöht und seinen Wirkungsgrad senkt – die Welle 108 den Zweipolgenerator mit einer Frequenz von 60 Hz antreiben, um elektrische Energie zu erzeugen, die mit dem lokalen Wechselstromnetz kompatibel ist. Daher machen die Anforderungen des Wechselstromnetzes, die Verwendung von Zweipolgeneratoren und die Nachteile, die mit der Verwendung eines Getriebes verbunden sind, es allgemein notwendig, dass Turbinen mit der 60 Hz-Frequenz betrieben werden. Wie oben beschrieben, sind Turbinen, die bei derart hohen Frequenzen betrieben werden, allgemein aufgrund der hohen Zentrifugalbelastungen, die auf ihre rotierenden Teile angelegt werden, in der Grösse und im Massendurchsatz beschränkt.

**[0013]** Fig. 2 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems 200 nach einer Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht. (Es ist anzumerken, dass in der Beschreibung von Fig. 2-9 verschiedene Systemkomponenten beschrieben werden. Diese Systemkomponenten umfassen Generatoren, Turbinen, Dampfturbinen, Brennkammern, Verdichter und Mehrfachwellen. Ausser bei anderslautender Angabe ist die Beschreibung der Systemkomponenten im weiten Sinne aufzufassen, um Varianten davon einzuschliessen. Ferner bezieht sich «Turbine» hierin allgemein auf den Turbinenabschnitt eines Gasturbinenmotors, während «Dampfturbine» sich auf den Turbinenabschnitt eines Dampfturbinenmotors bezieht). Das Turbinensystem 200 kann einen Verdichter 104, eine Brennkammer 120, eine Turbine mit einem Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 und einen Niederdruck-Turbinenabschnitt 208, und einen Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 umfassen. Hierin sollen die Bezeichnungen «Niederdruck-Turbinenabschnitt» und «Hochdruck-Turbinenabschnitt» die jeweiligen Betriebsdrücke im Vergleich zueinander differenzieren (d.h., die vorderen Stufen einer typischen Turbine könnten als «Hochdruck-Turbinenabschnitt» bezeichnet werden, und die hinteren Stufen als «Niederdruck-Turbinenabschnitt», weil der Druck des Stroms abnimmt, wenn das Arbeitsfluid durch die Turbine hindurch expandiert, zuerst im vorderen Abschnitt und dann im hinteren Abschnitt). Daher ist diese Terminologie, ausser bei anderslautender Angabe, nicht auf andere Weise als einschränkend zu verstehen. Ferner ist ein «Hochgeschwindigkeitsgenerator» hierin als ein konventioneller Zweipolgenerator aufzufassen, der gewöhnlich in Stromerzeugungsanwendungen eingesetzt wird. Ein «Niedergeschwindigkeitsgenerator» ist als ein Generator mit mehr als zwei Polen aufzufassen, zum Beispiel ein Vierpolgenerator, ein Sechspolgenerator, ein Achtpolgenerator, usw.

**[0014]** Der Verdichter 104 kann auf konventionelle Weise über eine erste Welle 216 derart mit dem Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 gekoppelt sein, dass der Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 in Betrieb den Axialverdichter antreibt. Dementsprechend kann der Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 über eine zweite Welle 220 derart mit einem Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 gekoppelt sein, dass der Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 in Betrieb den Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 antreibt. In einigen Ausführungsformen kann der Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 zwischen 1 und 2 Stufen aufweisen, und der Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 kann zwischen 2 und 4 Stufen aufweisen. Ferner kann in einigen Ausführungsformen der Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 definiert sein, um die Stufen einer Turbine einzuschliessen, die konfiguriert sind, um betrieben zu werden, wenn der Druck des Stroms expandierender Heissgase (d.h., des Arbeitsfluids) zwischen etwa 260 und 450 psi liegt. In einigen Ausführungsformen kann der Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 auch definiert sein, um die Stufen einer Turbine einzuschliessen, die konfiguriert sind, um betrieben zu werden, wenn der Druck des Arbeitsfluids zwischen etwa 50 und 150 psi liegt.

**[0015]** In Betrieb kann die Arbeitsweise des Kraftwerk-Turbinensystems 200 wie folgt sein. Die Drehung der Verdichterschaufeln im Axialverdichter 104 kann einen Luftstrom verdichten. Energie kann dann freigesetzt werden, wenn die verdichtete Luft in der Brennkammer 120 mit Brennstoff vermischt und entzündet wird. Der resultierende Strom expandierender Heissgase aus der Brennkammer 120 kann dann über die Laufschaufeln im Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 geleitet werden, wodurch die Energie des Heissgasstroms in die mechanische Energie der rotierenden ersten Welle 216 umgewandelt wird. Die erste Welle 216 kann derart mit dem Axialverdichter 104 gekoppelt sein, dass die Drehung der Welle 216, die durch den Strom des Arbeitsfluids durch den Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 erzeugt wird, den Axialverdichter 104 antreiben kann. Weil der Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 nicht mit einem Generator gekoppelt ist, ist seine Betriebsfrequenz nicht auf ein bestimmtes Niveau eingeschränkt, weshalb er mit jeder Frequenz betrieben werden kann, die für das System am zweckmässigsten ist. In einigen Ausführungsformen kann die Betriebsfrequenz für den Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 mindestens etwa 50 Hz sein. Ohne Getriebe im System wird die Betriebsfrequenz des Axialverdichters 104 natürlich dieselbe sein wie die Frequenz des Hochdruck-Turbinenabschnitts 204. In anderen Ausführungsformen kann die Betriebsfrequenz für den Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 mindestens etwa 70 Hz sein.

**[0016]** Nachdem der Strom des Arbeitsfluids im Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 expandiert wurde, kann das Arbeitsfluid dann durch den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 geleitet werden. Dem oben beschriebenen Prozess entsprechend kann der Strom des Arbeitsfluids über die Schaufelstufen im Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 geleitet werden, wodurch die Energie des strömenden Arbeitsfluids in die mechanische Energie der rotierenden zweiten Welle 220 umgewandelt wird. Die zweite Welle 220 kann den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 derart mit dem Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 koppeln, dass die Drehung der zweiten Welle 220, die durch den Strom des Arbeitsfluids durch den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 verursacht wird, den Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 antreiben kann.

**[0017]** Wie erwähnt, kann der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 ein Generator sein, der mehr als zwei Pole hat, wodurch der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 elektrische Energie mit einer Frequenz ausgeben kann, die mit dem lokalen Wechselstromnetz kompatibel ist, während er eine Wellenfrequenz empfängt, die viel langsamer ist. Falls der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 zum Beispiel ein Vierpolgenerator ist, kann der Niedergeschwindigkeitsturbinenabschnitt 208 daher mit einer reduzierten Frequenz von 30 Hz betrieben werden und dennoch eine Wechselstromfrequenz von 60 Hz erzeugen, die mit dem Wechselstromnetz kompatibel ist. Das heisst, die 30 Hz-Betriebsfrequenz des Niedergeschwindigkeitsturbinenabschnitts 208 treibt die zweite Welle 220 mit einer 30 Hz-Frequenz an, die ihrerseits den Vierpolgenerator mit einer 30 Hz-Frequenz antreibt. Der Vierpolgenerator gibt dann Wechselstrom mit 60 Hz aus. Dementsprechend können dieselben Ergebnisse (d.h., eine Ausgabe eines kompatiblen Wechselstroms mit oder um die 60 Hz-Frequenz herum) mit langsameren Betriebsfrequenzen für den Niedergeschwindigkeitsturbinenabschnitt 208 erreicht werden, wenn ein Sechspolgenerator oder ein Achtpolgenerator verwendet wird. Natürlich sind auch Generatoren mit mehr Polen möglich.

**[0018]** Weil der Druck des Arbeitsfluids wie beschrieben stark abnimmt, bis der Strom die hinteren Stufen der Turbine erreicht hat, müssen die rotierenden Teile in diesem Bereich, vor allem die Laufschaufeln, erheblich grösser sein, um die restliche Energie des Arbeitsfluids wirksam aufzufangen. Da die Grösse der rotierenden Teile immer grösser wird, nehmen natürlich auch die Zentrifugalbelastungen zu, denen die rotierenden Teile ausgesetzt werden, und werden schliesslich aufgrund der Betriebsbegrenzungen der verfügbaren Materialien untragbar. Dies kann wie erläutert das Wachstum der Turbinengrösse und des Durchsatzes begrenzen, selbst wenn solch ein Wachstum einen höheren Wirkungsgrad der Stromerzeugung zur Folge hätte. Doch durch Verwendung des Niedergeschwindigkeitsgenerators 212 kann der Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 bei reduzierten Betriebsfrequenzen einen kompatiblen Wechselstrom erzeugen. Die Reduktionen in der Frequenz verringern die Zentrifugalbelastungen an den rotierenden Teilen auf signifikante Weise, was die Vergrösserung der Teile erlaubt. Dies gestattet das Erreichen grösserer Turbinengrössen und Durchsätze. Ferner ermöglicht es die Verwendung von Mehrfachwellen durch das Kraftwerk-Turbinensystem 200, d.h., der ersten Welle 216 und der zweiten Welle 220, den Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 (der aufgrund der höheren Drucke durch diesen Abschnitt auf effektive Weise mit kleineren rotierenden Teilen funktioniert, die das Problem der übermässigen Zentrifugalbelastungen mindern) mit einer anderen höheren Frequenz (mit höherem Wirkungsgrad) zu betreiben als den Niederdruck-Turbinenabschnitt 204.

**[0019]** Fig. 3 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems 300 nach einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht. Das Kraftwerk-Turbinensystem 300 kann dieselben Systemkomponenten wie das Kraftwerk-Turbinensystem 200 umfassen, mit Ausnahme des Zusatzes einer Dampfturbine 302. Wie für den Fachmann hervorgeht, kann die Abwärme aus einer Gasturbine durch einen Wärmerückgewinnungsdampferzeuger zurückgewonnen werden, um eine konventionelle Dampfturbine anzutreiben. Wie weiter unten im Einzelnen beschrieben, kann die Dampfturbine 302 in einigen Ausführungsformen eine Niederdruck-Dampfturbine sein. Hierin wird eine «Niederdruck-Dampfturbine» allgemein als eine Dampfturbine definiert, die nur die Niederdruck- oder hinteren Stufen einer konventionellen Dampfturbine einschliesst. Die Dampfturbine 302 kann über die zweite Welle 220 derart mit einem Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 gekoppelt sein, dass in Betrieb sowohl der Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 als auch die Niederdruck-Dampfturbine 302 den Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 antreiben. Demnach kann die Dampfturbine 302 mit den gleichen Frequenzen betrieben werden wie die für den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 beschriebenen (d.h., wenn der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 ein Vierpolgenerator ist, kann die Dampfturbine 302 mit einer 30 Hz-Frequenz betrieben werden). Allgemein können die Systemkomponenten des Kraftwerk-Turbinensystems 300 ansonsten die gleiche Arbeitsweise haben wie hierin für dieselben Systemkomponenten in den anderen Ausführungsformen beschrieben.

**[0020]** Fig. 4 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems 400 nach einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht. Die in Fig. 4 gezeigte Ausführungsform enthält allgemein die gleichen Systemkomponenten wie das Kraftwerk-Turbinensystem 200 in Fig. 2, doch die Lage des Niedergeschwindigkeitsgenerators 212 ist modifiziert worden. Da in Fig. 2 der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 auf derselben Seite ist wie die Turbinenabschnitte 204, 208, liegt der Niedergeschwindigkeitsgenerator auf der «Warmseite». Da in Fig. 4 der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 auf derselben Seite ist wie der Axialverdichter 104, liegt der Niedergeschwindigkeitsgenerator auf der «Kaltseite». Wie für den Fachmann aus Fig. 4 hervorgeht, werden die erste Welle 216 und die zweite Welle 220 unabhängig voneinander und mit verschiedenen Frequenzen betrieben (d. h., wie dargestellt, liegt die zweite Welle 220 innerhalb der ersten Welle 216). Allgemein können die Systemkomponenten des Kraftwerk-Turbinensystems 400 ansonsten die gleiche Arbeitsweise haben wie hierin für dieselben Systemkomponenten in den anderen Ausführungsformen beschrieben.

**[0021]** Fig. 5 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems 500 nach einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht. Die in Fig. 5 gezeigte Ausführungsform enthält allgemein die gleichen Systemkomponenten wie das Kraftwerk-Turbinensystem 300 von Fig. 3, doch die Lage des Niedergeschwindigkeitsgenerators 212 und der Niedergeschwindigkeitsdampfturbine 302 ist modifiziert worden. In Fig. 5 liegen der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 und die Niederdruck-Dampfturbine 302 beide auf der Kaltseite. Allgemein können die Systemkomponenten des Kraftwerk-Turbinensystems 500 ansonsten die gleiche Arbeitsweise haben wie hierin für dieselben Systemkomponenten in den anderen Ausführungsformen beschrieben.

**[0022]** Fig. 6 und Fig. 7 sind schematische Zeichnungen, die jeweils ein Kraftwerk-Turbinensystem 600 und ein Kraftwerk-Turbinensystem 700 nach alternativen Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung zeigen. Fig. 6 und 7 veranschaulichen beide Ausführungsformen, in welchen der Axialverdichter einen Hochdruck-Verdichterabschnitt 602 und einen Niederdruck-Verdichterabschnitt 606 aufweist, die auf getrennten Wellen liegen. Wie weiter unten im Einzelnen beschrieben, kann das Vorhandensein getrennter Wellen jedem der Verdichterabschnitte den Betrieb mit verschiedenen Frequenzen und den Antrieb durch verschiedene Turbinenabschnitte erlauben, wodurch der Betrieb optimiert wird.

**[0023]** Nun Bezug nehmend auf die Ausführungsform von Fig. 6, kann eine erste Welle 216 den Hochdruck-Verdichterabschnitt 602 auf konventionelle Weise mit einem Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 koppeln. Eine zweite Welle 220 kann einen Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 mit dem Hochdruck-Verdichterabschnitt 606 koppeln. Zusätzlich kann die zweite Welle 220 den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 mit einem Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 koppeln. Es ist anzumerken, dass in der Ausführungsform von Fig. 6 der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 auf der Kaltseite liegt. In alternativen Ausführungsformen kann der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 auch auf der Warmseite liegen.

**[0024]** In Betrieb kann die Arbeitsweise des Kraftwerk-Turbinensystems 600 wie folgt sein. Die Drehung der Verdichterschaukeln im Hochdruck-Verdichterabschnitt 602 und im Niederdruck-Verdichterabschnitt 606 kann einen Luftstrom verdichten. Energie kann dann freigesetzt werden, wenn die verdichtete Luft in der Brennkammer 120 mit Brennstoff vermischt und entzündet wird. Der resultierende Strom expandierender Heissgase aus der Brennkammer 120 kann dann über die Laufschaufeln im Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 geleitet werden, wodurch die im Heissgasstrom enthaltene Energie in die mechanische Energie der rotierenden ersten Welle 216 umgewandelt wird. Die erste Welle 216 kann derart mit dem Hochdruck-Verdichterabschnitt 602 gekoppelt sein, dass die Drehung der Welle 216, die durch den Strom des Arbeitsfluids durch den Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 erzeugt wird, den Hochdruck-Verdichterabschnitt 602 antreibt. Weil der Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 nicht mit einem Generator gekoppelt ist, ist seine Betriebsfrequenz nicht auf ein bestimmtes Niveau eingeschränkt, weshalb er mit jeder Frequenz betrieben werden kann, die für das System am zweckmässigsten ist. In einigen Ausführungsformen kann die Betriebsfrequenz für den Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 mindestens etwa 50 Hz sein. Ohne Getriebe im System wird die Betriebsfrequenz des Hochdruck-Verdichterabschnitts 602 natürlich dieselbe sein wie die Frequenz des Hochdruck-Turbinenabschnitts 204. In anderen Ausführungsformen kann die Betriebsfrequenz für den Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 mindestens etwa 70 Hz sein. In noch anderen Ausführungsformen kann der Hochdruck-Verdichterabschnitt zwischen 1 und 2 Stufen aufweisen, und der Hochdruck-Verdichterabschnitt kann zwischen 2 und 4 Stufen aufweisen.

**[0025]** Nachdem der Strom des Arbeitsfluids im Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 expandiert wurde, kann das Arbeitsfluid dann durch den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 geleitet werden. Dem oben beschriebenen Prozess entsprechend kann der Strom des Arbeitsfluids über die Schaufelstufen im Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 geleitet werden, wodurch die im Arbeitsfluid enthaltene Energie in die mechanische Energie der rotierenden zweiten Welle 220 umgewandelt wird. Die zweite Welle 220 kann den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 derart mit dem Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 koppeln, dass die Drehung der zweiten Welle 220, die durch den Strom des Arbeitsfluids durch den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 verursacht wird, den Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 antreibt.

**[0026]** Wie oben ausführlicher beschrieben, kann der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 ein Generator sein, der mehr als zwei Pole hat, wodurch der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 elektrische Energie mit einer Frequenz ausgeben kann, die mit dem lokalen Wechselstromnetz kompatibel ist, während er eine Wellenfrequenz empfängt, die viel langsamer ist. Falls der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 z.B. ein Vierpolgenerator ist, kann der Niedergeschwindigkeits-turbinenabschnitt 208 daher mit einer reduzierten Frequenz von 30 Hz betrieben werden und dennoch eine Wechselstromfrequenz von 60 Hz erzeugen, die mit dem Wechselstromnetz kompatibel ist.

**[0027]** Die zweite Welle 220 kann auch den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 derart mit dem Niedergeschwindigkeitsverdichterabschnitt 606 koppeln, dass die Drehung der zweiten Welle 220, die durch den Strom des Arbeitsfluids durch den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 verursacht wird, den Niedergeschwindigkeitsverdichter 606 antreibt. Wie zuvor beschrieben, ist das Problem der hohen Frequenzen und der zunehmenden Grösse der rotierenden Teile nicht auf den Turbinenabschnitt beschränkt, sondern kann auch für den Verdichter ein Problem darstellen. Wenn die Laufschaufeln des Verdichters grösser werden, um an grössere Turbinensysteme und Durchsätze angepasst zu werden, werden übermässige Zentrifugalbelastungen zu einem Problem. Dies gilt vor allem für die vorderen Niederdruckstufen des Verdichters, wo grössere Verdichterschaukeln erforderlich sind.

**[0028]** Dieses Problem kann auf effektive Weise gelöst werden, wenn der Niederdruck-Verdichterabschnitt 606 auf einer separaten Welle mit einer niedrigeren Frequenz als die Stufen mit höherem Druck am hinteren Ende des Verdichters gedreht wird. Dadurch kann die zweite Welle 220 den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 mit dem Niederdruck-Verdichterabschnitt 606 koppeln. Auf diese Weise kann der Niederdruck-Verdichterabschnitt 606 auf effektive Weise genutzt werden, um die Verdichtung durch den Verdichter zu verstärken, während er mit einer reduzierten Frequenz betrieben wird, wodurch die Grösse der rotierenden Teile nicht beschränkt wird. Allgemein können die Systemkomponenten des Kraftwerk-Turbinensystems 600 ansonsten die gleiche Arbeitsweise haben wie hierin für dieselben Systemkomponenten in den anderen Ausführungsformen beschrieben.

**[0029]** Auch Fig. 7 zeigt eine Ausführungsform, in welcher der Axialverdichter einen Hochdruck-Verdichterabschnitt 602 und einen Niederdruck-Verdichterabschnitt 606 aufweist, die auf separaten Wellen liegen. Das Kraftwerk-Turbinensystem

700 umfasst eine Niederdruck-Dampfturbine 302, die über die zweite Welle 220 mit dem Niedergeschwindigkeitsstrom-generator 212, dem Niederdruck-Verdichterabschnitt 606 und dem Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 gekoppelt ist. Es ist anzumerken, dass in der Ausführungsform von Fig. 7 die Niederdruck-Dampfturbine 302 auf der Kaltseite angeordnet ist. In alternativen Ausführungsformen kann die Niederdruck-Dampfturbine 302 auf der Warmseite angeordnet sein. In Gebrauch kann die Niederdruck-Dampfturbine 302 betrieben werden, um den Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 und den Niederdruck-Verdichterabschnitt 606 mit einer reduzierten Frequenz anzutreiben, wie oben in Bezug auf andere Ausführungsformen mit der Niederdruck-Dampfturbine beschrieben. Allgemein können die Systemkomponenten des Kraftwerk-Turbinensystems 700 ansonsten die gleiche Arbeitsweise haben wie hierin für dieselben Systemkomponenten in den anderen Ausführungsformen beschrieben.

**[0030]** Fig. 8 ist eine schematische Zeichnung, die die Konfiguration eines Kraftwerk-Turbinensystems 800 nach einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung veranschaulicht. Wie dargestellt, kann eine erste Welle 216 einen Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 auf konventionelle Weise mit einem Axialverdichter 104 koppeln. Die erste Welle 216 kann auch den Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 mit einem Hochgeschwindigkeitsgenerator 802 koppeln. Eine zweite Welle 220 kann einen Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 mit einem Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 koppeln. Es ist anzumerken, dass in der Ausführungsform von Fig. 8 der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 auf der Warmseite liegt und der Hochgeschwindigkeitsgenerator 802 auf der Kaltseite liegt. In alternativen Ausführungsformen sind auch andere Positionen möglich.

**[0031]** In Betrieb kann die Arbeitsweise des Kraftwerk-Turbinensystems 800 wie folgt sein. Die Drehung der Verdichterschaukeln im Verdichter 104 kann einen Luftstrom verdichten. Energie kann dann freigesetzt werden, wenn die verdichtete Luft in der Brennkammer 120 mit Brennstoff vermischt und entzündet wird. Der resultierende Strom expandierender Heissgase aus der Brennkammer 120 kann dann über die Laufschaufeln im Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 geleitet werden, wodurch die im Heissgasstrom enthaltene Energie in die mechanische Energie der rotierenden ersten Welle 216 umgewandelt wird. Die erste Welle 216 kann derart mit dem Verdichter 104 gekoppelt sein, dass die Drehung der Welle 216, die durch den Strom des Arbeitsfluids durch den Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 erzeugt wird, den Verdichter 104 antreibt. Die erste Welle 216 kann auch derart mit dem Hochgeschwindigkeitsgenerator 802 gekoppelt sein, dass die Drehung der Welle 216, die durch den Strom des Arbeitsfluids durch den Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 erzeugt wird, den Hochgeschwindigkeitsgenerator 802 antreibt. Weil der Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 mit dem Hochgeschwindigkeitsgenerator 802 gekoppelt ist, kann seine Betriebsfrequenz in einigen Ausführungsformen 60 Hz sein, sodass die vom Hochgeschwindigkeitsgenerator 802 erzeugte elektrische Energie auch eine Frequenz von 60 Hz hat, wodurch sie mit dem lokalen Wechselstromnetz kompatibel ist. Auch andere Betriebsfrequenzen sind möglich.

**[0032]** Nachdem der Strom des Arbeitsfluids im Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 expandiert wurde, kann das Arbeitsfluid dann durch den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 geleitet werden. Dem oben beschriebenen Prozess entsprechend kann der Strom des Arbeitsfluids über die Schaufelstufen im Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 geleitet werden, wodurch die im Arbeitsfluid enthaltene Energie in die mechanische Energie der rotierenden zweiten Welle 220 umgewandelt wird. Die zweite Welle 220 kann den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 derart mit dem Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 koppeln, dass die Drehung der zweiten Welle 220, die durch den Strom des Arbeitsfluids durch den Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 verursacht wird, den Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 antreibt. Wie oben ausführlicher beschrieben, kann der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 ein Generator sein, der mehr als zwei Pole hat, wodurch der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 elektrische Energie mit einer Frequenz ausgeben kann, die mit dem lokalen Wechselstromnetz kompatibel ist, während er eine Wellenfrequenz empfängt, die viel langsamer ist.

**[0033]** Die in Fig. 8 beschriebene Ausführungsform kann auch eine Dampfturbine 302 aufweisen, die mit der zweiten Welle 220 gekoppelt ist und die gleiche Arbeitsweise hat wie oben für diese spezielle Systemkomponente beschrieben. Ferner kann der Verdichter 104 von Fig. 8 einen Hochdruck-Verdichterabschnitt 602 und einen Niederdruck-Verdichterabschnitt 606 einschliessen, die auf separaten Wellen liegen und die gleiche Arbeitsweise haben wie oben für diese spezielle Systemkomponente beschrieben. Das heisst, der Hochdruck-Verdichterabschnitt 602 kann mit der ersten Welle 216 gekoppelt sein und vom Hochdruck-Turbinenabschnitt 204 angetrieben werden, und der Niederdruck-Verdichterabschnitt 606 kann mit der zweiten Welle 220 gekoppelt sein und vom Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 angetrieben werden. Allgemein können die Systemkomponenten des Kraftwerk-Turbinensystems 800 ansonsten die gleiche Arbeitsweise haben wie hierin für dieselben Systemkomponenten in den anderen Ausführungsformen beschrieben.

**[0034]** Fig. 9 ist eine schematische Zeichnung, die ein Kraftwerk-Turbinensystem 900 nach einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung darstellt, das drei unabhängig funktionierende Wellen aufweist. Wie gezeigt, kann eine erste Welle 902 auf konventionelle Weise einen Hochdruck-Turbinenabschnitt 904 mit einem Hochdruck-Verdichterabschnitt 905 koppeln. Eine zweite Welle 906 kann einen Mitteldruck-Turbinenabschnitt 908 mit einem Hochdruck-Verdichterabschnitt 909 und einem Hochgeschwindigkeitsgenerator 802 koppeln. Eine dritte Welle 910 kann einen Niederdruck-Turbinenabschnitt 912 mit einem Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 koppeln. Wie oben allgemein beschrieben, können andere Anordnungen der Systemkomponenten als die in Fig. 9 gezeigte möglich sein.

**[0035]** In Betrieb kann die Arbeitsweise des Kraftwerk-Turbinensystems 900 wie folgt sein. Die Drehung der Verdichterschaukeln im Hochdruck-Verdichterabschnitt 905 und im Niederdruck-Verdichterabschnitt 909 kann einen Luftstrom verdichten. Energie kann dann freigesetzt werden, wenn die verdichtete Luft in der Brennkammer 120 mit Brennstoff vermischt und entzündet wird. Der resultierende Strom expandierender Heissgase aus der Brennkammer 120 kann dann über die

Laufschaufeln im Hochdruck-Turbinenabschnitt 904 geleitet werden, wodurch die im Heissgasstrom enthaltene Energie in die mechanische Energie der rotierenden ersten Welle 902 umgewandelt wird. Die erste Welle 902 kann derart mit dem Hochdruck-Verdichterabschnitt 904 gekoppelt sein, dass die Drehung der ersten Welle 902, die durch den Strom des Arbeitsfluids durch den Hochdruck-Turbinenabschnitt 902 erzeugt wird, den Hochdruck-Verdichterabschnitt 905 antreibt. Weil der Hochdruck-Turbinenabschnitt 905 nicht mit einem Generator gekoppelt ist, ist seine Betriebsfrequenz nicht auf ein bestimmtes Niveau eingeschränkt, weshalb er mit jeder Frequenz betrieben werden kann, die für das System am zweckmässigsten ist. In einigen Ausführungsformen kann die Betriebsfrequenz für den Hochdruck-Turbinenabschnitt 905 mindestens etwa 50 Hz sein. Ohne Getriebe im System wird die Betriebsfrequenz des Hochdruck-Verdichterabschnitts 905 natürlich dieselbe sein wie die Frequenz des Hochdruck-Turbinenabschnitts 904. In anderen Ausführungsformen wird die Betriebsfrequenz für den Hochdruck-Turbinenabschnitt 904 mindestens etwa 70 Hz sein.

**[0036]** Nachdem der Strom des Arbeitsfluids im Hochdruck-Turbinenabschnitt 904 expandiert wurde, kann das Arbeitsfluid dann durch den Mitteldruck-Turbinenabschnitt 908 geleitet werden. Dem oben beschriebenen Prozess entsprechend kann der Strom des Arbeitsfluids über die Schaufelstufen im Mitteldruck-Turbinenabschnitt 908 geleitet werden, wodurch die im Arbeitsfluid enthaltene Energie in die mechanische Energie der rotierenden zweiten Welle 906 umgewandelt wird. Die zweite Welle 906 kann den Mitteldruck-Turbinenabschnitt 908 derart mit dem Niederdruck-Verdichterabschnitt 909 koppeln, dass die Drehung der zweiten Welle 906, die durch den Strom des Arbeitsfluids durch den Mitteldruck-Turbinenabschnitt 908 erzeugt wird, den Niederdruck-Verdichterabschnitt 909 antreibt.

**[0037]** Die zweite Welle 906 kann auch derart mit dem Hochgeschwindigkeitsgenerator 802 gekoppelt sein, dass die Drehung der Welle 906, die durch den Strom des Arbeitsfluids durch den Mitteldruck-Turbinenabschnitt 908 erzeugt wird, den Hochgeschwindigkeitsgenerator 802 antreibt. Weil der Mitteldruck-Turbinenabschnitt 908 mit dem Hochgeschwindigkeitsgenerator 802 gekoppelt ist, kann seine Betriebsfrequenz in einigen Ausführungsformen 60 Hz sein, sodass auch die vom Hochgeschwindigkeitsgenerator 802 erzeugte elektrische Energie eine Frequenz von 60 Hz hat und dadurch mit dem lokalen Wechselstromnetz kompatibel ist. Auch andere ähnliche Betriebsfrequenzen sind möglich.

**[0038]** Nachdem der Strom des Arbeitsfluids im Mitteldruck-Turbinenabschnitt 908 expandiert wurde, kann der Strom dann durch den Niederdruck-Turbinenabschnitt 912 geleitet werden. Dem oben beschriebenen Prozess entsprechend kann der Strom des Arbeitsfluids über die Schaufelstufen im Niederdruck-Turbinenabschnitt 912 geleitet werden, wodurch die im Arbeitsfluid enthaltene Energie in die mechanische Energie der rotierenden dritten Welle 910 umgewandelt wird. Die dritte Welle 910 kann den Niederdruck-Turbinenabschnitt 912 derart mit dem Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 koppeln, dass die Drehung der dritten Welle 910, die durch den Strom des Arbeitsfluids durch den Niederdruck-Turbinenabschnitt 912 verursacht wird, den Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 antreibt. Wie oben ausführlicher beschrieben, kann der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 ein Generator sein, der mehr als zwei Pole hat, wodurch der Niedergeschwindigkeitsgenerator 212 elektrische Energie mit einer Frequenz ausgeben kann, die mit dem lokalen Wechselstromnetz kompatibel ist, während er eine Wellenfrequenz empfängt, die viel langsamer ist.

**[0039]** Die in Fig. 9 beschriebene Ausführungsform kann auch eine Dampfturbine 302 aufweisen, die mit der dritten Welle 910 gekoppelt ist und die gleiche Arbeitsweise hat wie oben für diese spezielle Systemkomponente beschrieben. Allgemein können die Systemkomponenten des Kraftwerk-Turbinensystems 900 ansonsten die gleiche Arbeitsweise haben wie hierin für dieselben Systemkomponenten in den anderen Ausführungsformen beschrieben.

**[0040]** Von der obigen Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung ausgehend werden dem Fachmann Verbesserungen, Änderungen und Modifikationen einfallen. Solche Verbesserungen, Änderungen und Modifikationen, die für den Fachmann offenkundig sind, werden durch die beiliegenden Ansprüche abgedeckt. Es versteht sich, dass das Obige sich nur auf die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung bezieht und dass von einem Fachmann zahlreiche Änderungen und Modifikationen vorgenommen werden können, ohne vom Geist und Umfang der Erfindung abzuweichen, wie er durch die folgenden Ansprüche und deren Äquivalente definiert wird.

## Patentansprüche

1. Kraftwerk-Turbinensystem, wobei das System umfasst:
  - einen Axialverdichter, der einen Luftstrom verdichtet, der dann mit einem Brennstoff vermischt wird und so in einer Brennkammer (120) verbrannt wird, dass der resultierende Heissgasstrom durch eine Turbine geleitet wird; wobei:
    - der Axialverdichter einen Niederdruck-Verdichterabschnitt (606) und einen Hochdruck-Verdichterabschnitt (602) aufweist;
    - die Turbine einen Niederdruck-Turbinenabschnitt (208) und einen Hochdruck-Turbinenabschnitt (204) umfasst;
    - der Hochdruck-Turbinenabschnitt (204) über eine erste Welle (216) derart mit dem Hochdruck-Verdichterabschnitt (602) gekoppelt ist, dass der Hochdruck-Turbinenabschnitt (204) in Betrieb den Hochdruck-Verdichterabschnitt (602) antreibt;
    - der Niederdruck-Turbinenabschnitt 208 über eine zweite Welle (220) derart mit einem Niedergeschwindigkeitsgenerator (212) gekoppelt ist, dass der Niederdruck-Turbinenabschnitt (208) in Betrieb den Niedergeschwindigkeitsgenerator (212) antreibt; und

der Niederdruck-Turbinenabschnitt (208 über die zweite Welle (220) derart mit dem Niederdruck-Verdichterabschnitt (606) gekoppelt ist, dass der Niederdruck-Turbinenabschnitt (208) in Betrieb den Niederdruck-Verdichterabschnitt (606) antreibt.

2. Kraftwerk-Turbinensystem nach Anspruch 1, wobei der Hochdruck-Turbinenabschnitt (204) zwischen 1 und 2 Stufen umfasst und der Niederdruck-Turbinenabschnitt (208) zwischen 2 und 4 Stufen umfasst.
3. Kraftwerk-Turbinensystem nach Anspruch 1, wobei:  
der Hochdruck-Turbinenabschnitt (204) konfiguriert ist, um betrieben zu werden, wenn der Druck des durch den Abschnitt strömenden Arbeitsfluids zwischen etwa 260 und 450 psi liegt; und  
der Niederdruck-Turbinenabschnitt (208) konfiguriert ist, um betrieben zu werden, wenn der Druck des durch den Abschnitt strömenden Arbeitsfluids zwischen etwa 50 und 150 psi liegt.
4. Kraftwerk-Turbinensystem nach Anspruch 1, wobei:  
die Turbine mehrfache Stufen aufweist; und  
der Hochdruck-Turbinenabschnitt (204) die vorderen Stufen der Turbine umfasst und der Niederdruck-Turbinenabschnitt (208) die hinteren Stufen der Turbine umfasst.
5. Kraftwerk-Turbinensystem nach Anspruch 1, wobei der Niedergeschwindigkeitsgenerator (212) einen Vierpolgenerator umfasst.
6. Kraftwerk-Turbinensystem nach Anspruch 1, wobei der Niedergeschwindigkeitsgenerator (212) einen Sechspolgenerator umfasst.
7. Kraftwerk-Turbinensystem nach Anspruch 1, wobei der Niedergeschwindigkeitsgenerator (212) einen Achtpolgenerator umfasst.
8. Kraftwerk-Turbinensystem nach Anspruch 1, wobei die allgemeine Betriebsfrequenz des Niederdruck-Turbinenabschnitts (208), des Niederdruck-Verdichterabschnitts (606) und des Niedergeschwindigkeitsgenerators (212) etwa 25 bis 30 Hz ist.
9. Kraftwerk-Turbinensystem nach Anspruch 1, wobei die allgemeine Betriebsfrequenz des Hochdruck-Turbinenabschnitts (204) und des Hochdruck-Verdichterabschnitts (602) mindestens etwa 50 Hz ist.
10. Kraftwerk-Turbinensystem nach Anspruch 1, wobei die allgemeine Betriebsfrequenz des Hochdruck-Turbinenabschnitts (204) und des Hochdruck-Verdichterabschnitts (602) mindestens etwa 70 Hz ist.

