

(19) SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM



(11) CH 701 917 A2

(51) Int. Cl.: F01D 11/02 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 01458/10

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

(22) Anmeldedatum: 10.09.2010

(72) Erfinder:
Andres Jose Garcia-Crespo,
Greenville, South Carolina 29602 (US)
Gary Charles Liotta,
Greenville, South Carolina 29602 (US)

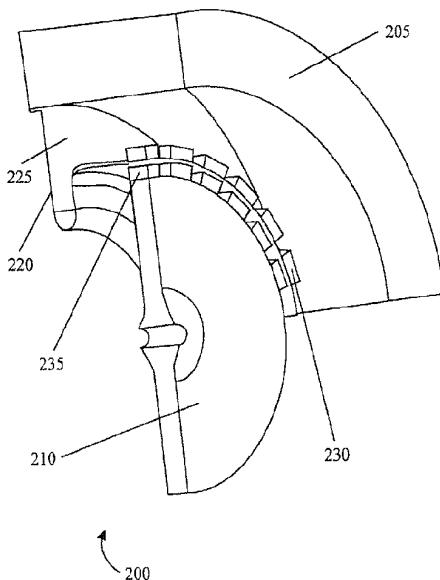
(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.03.2011

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

(30) Priorität: 17.09.2009 US 12/561,496

(54) Verfahren zum Erzeugen einer magnetischen Dichtung in einer Rotationsmaschine.

(57) Ausführungsformen der Erfindung können Systeme, Verfahren und eine Vorrichtung zur Schaffung einer magnetischen Dichtung bereitstellen. Gemäss einer Ausführungsform kann ein System (200) mit einer magnetischen Dichtung (220) geschaffen werden. Das System (220) kann eine Rotationsmaschine mit einer ersten Komponente (205) und einer zweiten Komponente (210) beinhalten. Eine magnetische Dichtung (220) kann an der ersten Komponente (205) befestigt und in Bezug auf die zweite Komponente (210) derart positioniert sein, dass ein Spalt zwischen der magnetischen Dichtung (220) und der zweiten Komponente (210) erzeugt ist. Die magnetische Dichtung (220) kann ein erstes magnetisches Element (230) und ein nachgebendes Material (225) enthalten, das dafür angepasst ist, sich in Reaktion auf eine auf die magnetische Dichtung (220) durch ein zweites magnetisches Element (235) ausgeübte Kraft anzupassen. Das zweite magnetische Element (235) kann an der zweiten Komponente (210) so befestigt sein, dass der Spalt zwischen der magnetischen Dichtung (220) und der zweiten Komponente (210) in Reaktion auf die durch das zweite magnetische Element (235) auf die magnetische Dichtung (220) ausgeübte Kraft modifiziert werden kann.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Maschine mit rotierenden und stationären Komponenten, und insbesondere Systeme, Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen einer magnetischen Dichtung.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Rotationsmaschinen, wie z.B. Dampf- und Gasturbinen, die zur Energieerzeugung und als mechanische Antriebe eingesetzt werden, sind allgemein grosse Maschinen, die rotierende und stationäre Komponenten aufweisen. Im Betrieb sind derartige Rotationsmaschinen von der kontrollierten Strömung von Luft zwischen diesen Komponenten abhängig. In Turbinen kann beispielsweise unter hohem Druck stehende Luft, die durch verschiedene Turbinenstufen strömt, eine Reihe von stationären und rotierenden Komponenten passieren. Wenn bestimmte stationäre und rotierende Komponenten passiert werden, ist eine Lufleckage, wie z.B. aus einem Bereich mit höherem Druck in einen Bereich mit niedrigerem Druck allgemein nicht erwünscht. Teilweise aus diesem Grunde kann es sein, dass zwischen den stationären und rotierenden Komponenten Dichtungen verwendet werden. Zusätzlich zur Steuerung der Lufleckage können Dichtungen verwendet werden, um den Luftstrom von einigen Komponenten, wie z.B. Lagergehäusen und Rotorkomponenten, weg und zu anderen Komponenten hin zu leiten, wie z.B. zum Spülen von Hohlräumen. Der Wirkungsgrad von Rotationsmaschinen kann von der Fähigkeit derartiger Dichtungen abhängen, Lufleckagen zu verhindern und den Luftstrom zwischen rotierenden und stationären Komponenten zu führen.

[0003] In Rotationsmaschinen wurde bisher eine Anzahl unterschiedlicher Dichtungskonstruktionen genutzt. Diese Dichtungen können umfassen: Sägezahn-Dichtungen, Labyrinthdichtungen, Wabendichtungen, und Bürstendichtungen. Diese Konstruktionen sollen eine Lufleckage über Komponenten hinweg minimieren und den Luftstrom zwischen den Komponenten führen. Da diese Dichtungen zwischen rotierenden und stationären Komponenten positioniert werden können, können derartige Dichtungen mit diesen Komponenten in physischem Kontakt stehen. Wenn sich die Maschine in Betrieb befindet, kann die Reibung zwischen der rotierenden und stationären Komponente zu einer Verschlechterung der Dichtungswirkung führen. Sobald die Dichtung verschleißt, kann der Wirkungsgrad der Maschine darunter leiden und die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls zunehmen.

[0004] Somit besteht ein Bedarf nach einer verbesserten Dichtung zur Reduzierung der Lufleckage und der Kontrolle des Luftstroms in einer Rotationsmaschine. Insbesondere besteht ein Bedarf nach Systemen, Verfahren und einer Vorrichtung zur Erzeugung einer magnetischen Dichtung.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0005] Ausführungsformen der Erfindung können sich mit einigen oder allen vorstehend beschriebenen Anforderungen befassen. Bestimmte Ausführungsformen der Erfindung sind im Wesentlichen auf Systeme, Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen einer magnetischen Dichtung gerichtet. Gemäß einer Ausführungsform kann ein Verfahren zum Erzeugen einer magnetischen Dichtung in einer Rotationsmaschine bereitgestellt werden. Das Verfahren kann den Schritt der Befestigung einer magnetischen Dichtung an einer ersten Komponente in der Rotationsmaschine beinhalten. Das Verfahren kann auch den Schritt der Positionierung der magnetischen Dichtung in Bezug auf eine zweite Komponente beinhalten, um einen Spalt zwischen der magnetischen Dichtung und der zweiten Komponente zu definieren. Die magnetische Dichtung kann ein erstes magnetisches Element und ein nachgebendes Material aufweisen, das dafür angepasst ist, sich in Reaktion auf eine gegen die magnetische Dichtung ausgeübte Kraft anzupassen. Das Verfahren kann auch den Schritt einer Befestigung eines zweiten magnetischen Elementes an der zweiten Komponente beinhalten, um eine Kraft gegen die magnetische Dichtung auszuüben. Das Verfahren kann ferner den Schritt der Anpassung des nachgebenden Materials in Reaktion auf die durch das zweite magnetische Element ausgeübte Kraft beinhalten, um den Spalt zu modifizieren.

[0006] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann ein System zur Erzeugung einer magnetischen Dichtung bereitgestellt werden. Das System kann eine Rotationsmaschine mit einer ersten Komponente und einer zweiten Komponente enthalten. Eine magnetische Dichtung kann derart an der ersten Komponente befestigt und in Bezug auf eine zweite Komponente positioniert werden, dass ein Spalt zwischen der magnetischen Dichtung und der zweiten Komponente definiert ist. Die magnetische Dichtung kann ein erstes magnetisches Element und ein nachgebendes Material aufweisen, das dafür angepasst ist, sich in Reaktion auf eine gegen die magnetische Dichtung ausgeübte Kraft anzupassen. Ein zweites magnetisches Element kann an der zweiten Komponente befestigt und dafür angepasst sein, eine Kraft gegen die magnetische Dichtung auszuüben, sodass der Spalt zwischen der magnetischen Dichtung und der zweiten Komponente modifiziert werden kann.

[0007] Gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann eine Vorrichtung zum Erzeugen einer magnetischen Dichtung bereitgestellt werden. Die Vorrichtung kann eine magnetische Dichtung enthalten, die ein erstes magnetisches Element und ein nachgebendes Material aufweist. Die magnetische Dichtung kann so betrieben werden, dass sie an einer ersten Komponente in einer Rotationsmaschine befestigt wird und einen Spalt zwischen der magnetischen Dichtung und einer zweiten Komponente in der Rotationsmaschine erzeugt. Ein zweites magnetisches Element kann so betrieben werden, dass es auf der zweiten Komponente in der Rotationsmaschine befestigt wird und eine Kraft gegen die

magnetische Dichtung ausübt. Das nachgebende Material kann so betrieben werden, dass es sich ferner in Reaktion auf die durch das zweite magnetische Element ausgeübte Kraft anpasst.

[0008] Weitere Ausführungsformen und Aspekte der Erfindung werden aus der nachstehenden Beschreibung in Verbindung mit den nachstehenden Zeichnungen ersichtlich.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0009] Nachdem nun die Erfindung in allgemeiner Form beschrieben wurde, wird nun Bezug auf die beigefügten Zeichnungen genommen, welche nicht notwendigerweise massstäblich sind, und in welchen:

[0010] Fig. 1 eine stationäre und rotierende Komponente als Teil einer Rotationsmaschine darstellt.

[0011] Fig. 2 ein exemplarisches System zum Erzeugen einer magnetischen Dichtung gemäss einer Ausführungsform der Erfindung darstellt.

[0012] Fig. 3 ein exemplarisches System zum Erzeugen einer magnetischen Dichtung gemäss einer Ausführungsform der Erfindung darstellt.

[0013] Fig. 4 eine exemplarische Vorrichtung zum Erzeugen einer magnetischen Dichtung darstellt.

[0014] Fig. 5 eine exemplarische Vorrichtung zum Erzeugen einer magnetischen Dichtung darstellt.

[0015] Fig. 6 ein exemplarisches Verfahren zum Erzeugen einer magnetischen Dichtung gemäss einer Ausführungsform der Erfindung darstellt.

Detaillierte Beschreibung

[0016] Die Erfindung wird nun hierin nachstehend vollständiger unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in welchen Beispieldurchführungsformen der Erfindung dargestellt sind. Diese Erfindung kann jedoch in vielen unterschiedlichen Formen ausgeführt sein und sollte nicht als durch die hierin dargestellten Beispieldurchführungsformen eingeschränkt betrachtet werden; stattdessen werden diese Durchführungsformen so dargeboten, dass diese Offenlegung den Schutzzumfang der Erfindung für den Fachmann abdeckt. Gleiche Bezeichnungen bezeichnen durchgängig gleiche Elemente.

[0017] Fig. 1 stellt eine stationäre und rotierende Komponente als Teil eines Systems 100 dar. Das System 100 kann eine beliebige Rotationsmaschine, wie z.B. eine Verbrennungsgasturbine, eine Dampfturbine, einen Verdichter oder dergleichen enthalten. In einer Verbrennungsgasturbine kann ein Gaspfad vorliegen, welcher in serieller Strömungsbeziehung eine Luftsaugung (oder Einlass), einen Verdichter, einen Brenner, eine Turbine und einen Gasauslass (oder Auslassdüse) enthält. Im Betrieb können Verbrennungsgase in einer Verbrennungsgasturbine zum Antrieb des Turbinenabschnittes verwendet werden. D.h., Verbrennungsgase können dazu genutzt werden, um bei einer relativ hohen Drehzahl mehrere Rotorräder zu drehen, die mehrere Rotorläufschäufeln axial in Abstand um jedes Rotorrad herum tragen. Derartige Rotorräder können drehbar an mehreren umgebenden nicht rotierenden Statoren befestigt sein, wobei ein Spalt zwischen dem Rotorrad und den umgebenden Statoren ausgebildet sein kann.

[0018] Da eine Luftleckage innerhalb dieses Spaltes Leistungsverluste bewirken und den Systemwirkungsgrad beeinträchtigen kann, kann es erwünscht sein, diesen Spalt abhängig von der Komponentenkonstruktion zu verringern. Gleichzeitig kann, da sich diese stationären und rotierenden Komponenten verschieben, schwingen oder aufgrund thermischer Effekte ausdehnen können, auch die Einhaltung eines minimalen Abstandsspaltes erwünscht sein. Beispielsweise können sich während eines Übergangsbetriebs eine oder mehrere Komponenten in Bezug zueinander bewegen, was bedeutet, dass, wenn der diese Komponenten trennende Spalt zu klein ist, die Komponenten einander berühren können, was zu einer Komponentenbeschädigung führt. Somit ist wahrscheinlich ein minimaler Abstandsspalt erwünscht. Obwohl die Grösse dieses Abstandsspaltes durch Verwendung von Materialien für die rotierenden und stationären Komponenten mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten verringert werden kann, kann sie nicht vollständig reduziert werden. Die relative Bewegung der rotierenden Komponente in Bezug auf die stationäre Komponente erfordert die Einhaltung eines gewissen Abstandsspaltes.

[0019] Um die Luftleckage in Verbindung mit dem Abstandsspalt zwischen zwei Komponenten in einer Rotationsmaschine, wie z.B. einem rotierenden Rotorrad und einem stationären Stator, zu reduzieren, können eine oder mehrere Dichtungen verwendet werden. In einem System 100 kann eine Wabenlabyrinthdichtung dazu verwendet werden, um den Luftstrom zwischen stationären und rotierenden Komponenten zu modifizieren. Die Labyrinthdichtung 105 können auf dem Rotorrad 110 befestigt sein und liegen einer auf einem Teil des Stators 120 befestigt Wabenstruktur 115 radial gegenüber. Die Wabenlabyrinthdichtung des Systems 100 kann einen Luftstrom zwischen dem Rotorrad 110 und dem Stator 120 verhindern. Während des Betriebs verschleist die Wabenlabyrinthdichtung, sobald sich die Oberflächenstrukturen des Rotorrades 110 und Stators 120 einander annähern, was aufgrund von thermischen Übergängen und/oder einer Maschinenschwingung erfolgen kann. D.h., sobald sich die zwei Komponenten einander annähern, kommen sie wahrscheinlich in Kontakt miteinander, der zu einer Reibung führt, der die Wabenlabyrinthdichtung verschleissen kann. Wenn die Wabenlabyrinthdichtung verschleist, kann das System 100 ausfallen. Zusätzlich kann Reibung zu Temperaturerhöhungen im

System 100 führen, welche die Leistung des Systems 100 beeinträchtigen. Es ist manchmal erwünscht, diese Effekte und erhöhte Ausfälle in Verbindung mit einem herkömmlichen System 100 zu verringern.

[0020] Fig. 2 und Fig. 3 stellen exemplarische Systeme 200 und 300 für die Bereitstellung einer magnetischen Dichtung gemäss einer Ausführungsform der Erfindung dar. Das System 200 und/oder System 300 kann ein Abschnitt eines beliebigen Typs einer Rotationsmaschine, wie z.B. eines Verdichters, einer Turbine oder einer Pumpe, sein. In der exemplarischen Ausführungsform repräsentiert das System 200 einen Verdichter und kann eine erste Komponente und eine zweite Komponente enthalten. Beispielsweise kann eine erste Komponente eine stationäre Komponente 205 beinhalten, welche eine zweite Komponente, wie z.B. eine rotierende Komponente 210, umgeben kann. Die stationäre Komponente 205 kann in Bezug auf die rotierende Komponente 210 derart positioniert sein, dass ein Spalt 215 zwischen diesen ausgebildet ist.

[0021] Die rotierende Komponente 210 kann quer auf einer Achse befestigt und dafür konfiguriert sein, sich zu drehen, während sie von der stationären Komponente 205 umgeben ist. Es ist erkennbar, dass die rotierende Komponente 210 jede beliebige rotierende Komponente in einer Rotationsmaschine, wie z.B., jedoch nicht darauf beschränkt, ein Turbinenrad, ein Verdichterrad, eine Lagerbaugruppe oder eine Welle, sein kann. Der Spalt 215 kann einen axialen Luftstrom zwischen der rotierenden Komponente 210 und der stationären Komponente 205 zulassen. Es ist erkennbar, dass, obwohl in der exemplarischen Ausführungsform der Spalt 215 in Bezug auf einen radialen Abstand zwischen der rotierenden Komponente 210 und der stationären Komponente 205 beschrieben wird, der Spalt 215 jeden Spalt in einer Maschine umfassen kann, der zwischen einer ersten Komponente und einer zweiten Komponente in der Maschine, wie z.B., jedoch nicht darauf beschränkt, in einem radialen Abstand, einem axialen Abstand, einem geradlinigen Abstand und einem nicht linearen Abstand oder dergleichen vorliegen kann.

[0022] In der exemplarischen Ausführungsform kann der Spalt 215 einen radialen Abstand repräsentieren, der einen axialen Luftstrom zulassen kann. Um den axialen Luftstrom in Verbindung mit dem Spalt 215 zu verringern, kann eine magnetische Dichtung 210 vorgesehen sein. Die magnetische Dichtung 220 kann ein nachgebendes Material und ein erstes magnetisches Element aufweisen. Ein nachgebendes Material kann aus jeder verformbaren Struktur, wie z.B. einer Leiteinrichtung oder einer faltbaren Folie bestehen. In einer Ausführungsform kann das nachgebende Material an der stationären Komponente befestigt sein, und das erste magnetische Element kann an dem nachgebenden Material befestigt sein. In weiteren Ausführungsformen können das erste magnetische Element und das nachgebende Material zusammengefasst sein, um eine magnetische nachgebende Struktur bereitzustellen.

[0023] In exemplarischen Systemen 200 und 300 kann das nachgebende Material eine Leiteinrichtung 225 enthalten. Die Leiteinrichtung 225 kann eine nachgebende Metallblechstruktur aufweisen, die dafür angepasst ist, die rotierende Komponente 210 formschlüssig zu umgeben und den Spalt 215 zu reduzieren. Auf der Leiteinrichtung 225 kann das erste magnetische Element, wie z.B. ein Dichtungsmagnet 230, befestigt sein und an dem rotierenden Element 210 kann ein zweites magnetisches Element, wie z.B. ein rotierender Magnet 235, befestigt sein.

[0024] Der Dichtungsmagnet 230 und rotierende Magnet 235 können jeder beliebige Magnettyp, wie z.B. ein Permanentmagnet, ein Elektromagnet oder dergleichen, sein. Ein Permanentmagnet kann durch einen Curie-Punkt gekennzeichnet sein. Ein Curie-Punkt definiert eine Temperatur, bei welcher ein Permanentmagnet demagnetisiert wird. Selten-Erde-Magnete, wie z.B. Samariumkobalt-Magnete oder Neodym-Magnete oder dergleichen, haben einen relativ hohen Curie-Punkt, was bedeutet, dass sie relativ hohen Temperaturen widerstehen können. Teilweise kann aus diesem Grund in einigen Ausführungsformen, in welchen das System 200 aus einem Abschnitt einer Hochtemperaturturbinenstufe besteht oder in denjenigen Ausführungsformen, in welchen der Dichtungsmagnet 230 und/oder rotierende Magnet 235 hohen Temperaturen ausgesetzt werden, ein Seiten-Erde-Magnet verwendet werden, der hohen Temperaturen widerstehen kann.

[0025] Der rotierende Magnet 235 kann so konfiguriert sein, dass er eine Kraft gegen die aus der Leiteinrichtung 225 und dem Dichtungsmagneten 230 bestehende magnetische Dichtung 220 ausübt. Im exemplarischen System 200 kann diese Konfiguration die Befestigung des rotierenden Magneten 235 an der rotierenden Komponente 210 in relativ enger Nähe zu dem Dichtungsmagneten 230 und die Ausrichtung des rotierenden Magneten 235 so umfassen, dass der Nordpol des rotierenden Magneten 235 dem entsprechenden Nordpol des Dichtungsmagneten 230 gegenüberliegt. In einer weiteren Ausführungsform kann der rotierende Magnet 235 so befestigt sein, dass der Südpol des rotierenden Magneten 235 dem entsprechenden Südpol des Dichtungsmagneten 230 gegenüberliegt. Auf diese Weise stoßen der rotierende Magnet 235 und der Dichtungsmagnet 230 einander ab, und da der Dichtungsmagnet 230 an der nachgebenden Leiteinrichtung 225 befestigt ist, kann sich die nachgebende Leiteinrichtung 225 in Reaktion auf die Abstossungskraft biegen. Wenn sich die rotierende Komponente 210 in Bewegung befindet, kann sich die Leiteinrichtung 225 ferner an die Bewegung in Verbindung mit der rotierenden Komponente 210 formschlüssig anpassen, um die Grösse des Spaltes 215 aufrechtzuerhalten, ohne die rotierende Komponente 210 physisch zu berühren, um dadurch eine Dichtungssoberfläche bereitzustellen, die mit den Komponentenbewegungen übereinstimmen kann. Eine derartige Bewegung in Verbindung mit Komponenten kann teilweise das Ergebnis einer Wärmeausdehnung und/oder Schwingung sein.

[0026] Zusätzlich zur Bereitstellung einer formschlüssigen Dichtungssoberfläche während Übergangsereignissen können der rotierende Magnet 235 und die Magnedichtung 220 dafür angepasst sein, eine formschlüssige Dichtungssoberfläche bei Vorliegen hydrodynamischer Kräfte bereitzustellen. Hydrodynamische Kräfte sind Kräfte, die auf Körper ausgeübt werden, wenn bestimmte Strömungsbereiche auf die Oberfläche des Körpers einwirken. In der exemplarischen

Ausführungsform kann die magnetische Dichtung 210 ferner dafür angepasst sein, eine formschlüssige Dichtungsoberfläche bei Vorliegen von hydrodynamischen Kräften und/oder Übergangszuständen bereitzustellen.

[0027] Gemäss Fig. 3 können, da das System 300 ein Verdichter sein kann, während des Betriebs Drücke P1 bei 340 und P2 bei 342 der stationären Komponente 205 und der rotierenden Komponente 210 zugeordnet sein. In der Verdichterausführungsform kann der Druck P2 bei 345 relativ höher als der Druck P1 bei 340 sein, was bedeutet, dass der Druck P2 bei 345 nach unten auf die nachgebende Leiteinrichtung 225 drücken kann, um so die Grösse des Spaltes 215 zu verringern, sobald die rotierende Komponente 210 um eine Achse rotiert. Ohne rotierenden Magneten 235 kann sich, wenn der Druck P2 bei 245 ausreichend grösser als der Druck P1 bei 240 ist, die Leiteinrichtung 225 nach unten zu der rotierenden Komponente 235 hin biegen, was zu einer physischen Berührung zwischen der rotierenden Komponente 210 und der Leiteinrichtung 225 führt. Während eines Übergangseignisses, wie z.B. solchen, die einer Wärmeausdehnung zugeordnet sind, kann sich die rotierende Komponente 210 zu der stationären Komponente 205 so ausdehnen, dass die rotierende Komponente 210 wiederum die Leiteinrichtung 225, wenn nicht sogar die stationäre Komponente 205 selbst, berühren kann.

[0028] Der rotierende Magnet 235 kann durch die Ausübung einer Kraft gegen die magnetische Dichtung 220 die Grösse des Spaltes 215 aufrechterhalten, um eine relativ konsistente Dichtung bereitzustellen. Im Betrieb kann die Abstossungskraft des rotierenden Magneten 235 die Leiteinrichtung 225 veranlassen, sich aus einer nominellen Position bei 350 heraus in eine ausgelenkte Position bei 335 anzupassen, sobald entweder Druckgradienten oder physikalische Ausdehnungen in Verbindung mit thermischen Effekten und/oder einer Schwingung eine Annäherung der rotierenden Komponente 210 an die Leiteinrichtung 225 und die stationäre Komponente 205 bewirken. Mit anderen Worten kann, sobald sich die nicht-formschlüssige Oberfläche der rotierenden Komponente 210 in Bezug auf die formschlüssige Oberfläche der Leiteinrichtung 225 bewegt, kann die magnetische Abstossungskraft in Verbindung mit einem Dichtungsmagneten 230 und einem rotierenden Magneten 235 die formschlüssige Oberfläche verformen, um eine Berührung zwischen Komponenten auszuschliessen und den Spalt 215 aufrechtzuerhalten.

[0029] Wenigstens auf diese Weise können bestimmte Ausführungsformen der Erfindung magnetische Kräfte einsetzen, um eine kontinuierlich variable Dichtungsoberfläche zu erzeugen, die die Grösse des Spaltes 215 ohne Berücksichtigung von Schwingung und/oder Wärmeausdehnung aufrechterhalten kann. Zusätzlich kann, da die Grösse des Spaltes 215 aufrechterhalten werden kann, die Menge des axialen Luftstroms gesteuert werden, ohne eine Dichtung zu verwenden, die die stationäre Komponente 205 und die rotierende Komponente 210 physisch berührt.

[0030] In weiteren Ausführungsformen der Erfindung können die Systeme 200 und/oder 300 eine Messvorrichtung zum Ermitteln der Grösse des radialen Abstandes in Verbindung mit dem Spalt 215 enthalten. In einer Ausführungsform kann die Leiteinrichtung 225 modifiziert sein, dass sie einen relativ kleinen Betrag eines elektrischen Stroms wenigstens teilweise auf der Basis der Rotationsbewegung des rotierenden Magneten 235, wie z.B. durch Befestigen eines leitenden Schaltkreises und/oder einer induktiven Spule an der Leiteinrichtung 225 erzeugt. Der Schaltkreis und/oder die Spule können dafür angepasst sein, den durch den rotierenden Magneten 235 erzeugten magnetischen Fluss zu messen und ein entsprechendes elektrisches Signal teilweise als eine Folge der Rotationsbewegung des rotierenden Magneten 235 zu erzeugen.

[0031] Die Grösse des durch die Rotationsbewegung des rotierenden Magneten 235 erzeugten Stromes kann durch eine geeignete Messvorrichtung, wie z.B. einen elektrischen Sensor, und in Zuordnung zu der Grösse des Spaltes 215 gemessen werden. Geeignete Messvorrichtungen können umfassen, sind jedoch nicht darauf beschränkt, ein Multimeter, ein Ampermeter, ein Voltmeter oder dergleichen. Die Zuordnung der Spaltgrösse 215 kann durch einen oder mehrere Prozessoren durchgeführt werden, die dafür angepasst sind, die elektrische Strominformation aus der Messvorrichtung aufzunehmen. In einer Ausführungsform kann die Grösse des Spaltes 215 durch den Prozessor wenigstens teilweise auf der Basis der von der Messvorrichtung erhaltenen elektrischen Strominformation bestimmt werden. In einer weiteren Ausführungsform kann der Prozessor dafür angepasst sein, Information aus der Messvorrichtung zu empfangen und einen dem Spalt zugeordneten Luftstrom wenigstens teilweise auf der Basis des von der wenigstens einen magnetischen Dichtung erzeugten elektrischen Stromes zu bestimmen. Ausführungsformen eines Prozessors können enthalten, sind jedoch nicht darauf beschränkt, eine ASIC, einen Komparator, ein Differenzmodul oder eine andere Hardwareeinrichtung. Ein Prozessor kann auch Software oder andere Computer-ausführbare Instruktionen enthalten, die in einem Speicher gespeichert sind und von dem Prozessor oder einer anderen Verarbeitungseinrichtung ausführbar sind, um eine oder mehrere von den vorstehend beschriebenen Operationen durchzuführen.

[0032] In weiteren Ausführungsformen der Erfindung können Elektromagnete anstelle oder in Kombination mit dem vorstehend beschriebenen Permanentmagneten verwendet werden. Beispielsweise kann in einer Ausführungsform der rotierende Magnet 235 ein Elektromagnet sein. Um eine Kraft gegen die aus der Leiteinrichtung 225 und dem Dichtungsmagnet 230 bestehende magnetische Dichtung 220 auszuüben, kann Strom an den rotierenden Magneten 235 geliefert werden, um den Elektromagneten zu magnetisieren. Mit der Erhöhung des Stroms kann die gegen die aus der Leiteinrichtung 225 und dem Dichtungsmagneten 230 bestehende magnetische Dichtung 220 ausgeübte Kraftmenge gleichermassen erhöht werden, um somit die Auslenkung der Leiteinrichtung 225 zu erhöhen. Mit der Verringerung des Stroms kann die gegen die aus der Leiteinrichtung 225 und dem Dichtungsmagneten 230 bestehende magnetische Dichtung 220 ausgeübte Kraftmenge gleichermassen verringert werden, um somit die Auslenkung der Leiteinrichtung 225 zu verringern. Auf

diese Weise kann die Grösse des Spaltes 215 vergrössert oder verkleinert werden und die Menge des axialen Luftstroms durch den Spalt 215 angepasst werden, indem die an den rotierenden Magneten 235 gelieferte Strommenge variiert wird.

[0033] Fig. 4 und Fig. 5 stellen Beispielsysteme und Vorrichtungen 400 und 500 für die Erzeugung einer Magnetdichtung gemäss weiteren Ausführungsformen der Erfindung dar, wobei die Ausführungsformen 400 und 500 einen Teil einer Rotationsmaschine, wie z.B. ein Turbinensystem aufweisen können. Ähnlich zu dem System 200 können die Systeme 400, 500 eine stationäre Komponente wie z.B. den Stator 405 und eine rotierende Komponente, wie z.B. das Rotorrad 410, aufweisen. Der Stator 405 kann in Relation zu dem Rotorrad 410 so positioniert sein, dass er einen Spalt 415 und einen Spalt 515 ausbildet, die durch einen radialen Abstand gekennzeichnet sind. Die exemplarischen Systeme 400 und 500 können dafür konfiguriert sein, bei hohen Temperaturen zu arbeiten, sodass Kühlluft an den Stator 405 bei 411 geliefert werden kann, um die Betriebstemperatur des Stators 405 zu regeln.

[0034] Die Systeme 400 und 500 können ferner eine oder mehrere Magnetdichtungen enthalten. Das System 400 kann beispielsweise eine magnetische Dichtung 420 enthalten, die eine faltbare Folie 425 und einen Dichtungsmagneten 430 aufweist. Die faltbare Folie 425 kann relativ so strukturiert sein, dass sie einen Torus bildet. Im System 500, welches eine magnetische Dichtung 520 mit einer faltbaren Folie 525 und einem Dichtungsmagneten 530 enthält, kann die faltbare Folie 525 so strukturiert sein, dass sie eine Akkordeon-artige Struktur ausbildet. In beiden Ausführungsformen können die faltbare Folie 425 und die faltbare Folie 525 so konfiguriert sein, dass sie sich nach aussen in Reaktion auf einen durch die Zuführung von Kühlluft bei 411 erzeugten Druck anpassen. Die magnetische Dichtung 420 und magnetische Dichtung 520 können auch dafür angepasst sein, die Menge der bei 411 zugeführten Kühlluft, die aus dem Stator 405 entweicht, zu verringern, um den Stator 405 auf einer relativ niedrigeren Temperatur, wie z.B. ca. 316 bis 427 °C (ca. 600 bis 800 °F) zu halten. In den exemplarischen Ausführungsformen können die faltbare Folie 425 und die faltbare Folie 525 Durchtritte 426, 427 bzw. 526, 527 enthalten, um die Menge der aus dem Stator 405 austretenden Kühlluft zu modifizieren und/oder zu begrenzen, um teilweise einen relativ konsistenten Luftdruck in dem Stator 405 aufrechtzuerhalten.

[0035] Man erkennt, dass, wenn die magnetischen Dichtungen 420 und 520 angepasst werden können, um einen relativ konsistenten Luftdruck aufrechtzuerhalten, die magnetische Dichtung 420 und magnetische Dichtung 520 auch dafür angepasst werden können, bei 411 gelieferte Kühlluft an bestimmte Komponenten in den Systemen 400 und 500 zu führen. Diese Komponenten können eine oder mehrere Komponenten in Verbindung mit den magnetischen Dichtungen 420 und 520 beinhalten. Beispielsweise können die Durchtritte 426, 427, 526, 527 so positioniert sein, dass sie Kühlluft an die rotierenden Magneten 435 und 535 liefern. In einigen Ausführungsformen, wie z.B. einem Gasturbinensystem, können die rotierenden Magnete 435 und 535 relativ hohen Temperaturen ausgesetzt sein und könnten in ungekühltem Zustand demagnetisiert werden. Eine Demagnetisierung könnte mit einer Fehlfunktion der magnetischen Dichtungen 420 und 520 verbunden sein. Teilweise können aus diesem Grunde die Durchtritte 426, 427, 526 und 527 dafür angepasst sein, den rotierenden Magneten 435 und 535 Kühlluft zuzuführen, um einen Betrieb der rotierenden Magneten 435 und 535 unterhalb ihres relevanten Curie-Punktes zu ermöglichen, an dem eine Demagnetisierung auftreten könnte.

[0036] In den exemplarischen Systemen 400 und 500 können faltbare Folienstrukturen 425 und 525 auch dafür konfiguriert sein, sich nach innen gerichtet in Reaktion auf die von den auf dem Rotorrad 410 befestigten rotierenden Magneten 435 und 535 ausgeübte Kraft anzupassen, bis ein Gleichgewichtspunkt erreicht wird. Insbesondere können die faltbare Folie 425 und faltbare Folie 525 dafür konfiguriert sein, sich nach innen gerichtet von dem Rotorrad 410 aus anzupassen, wenn sich das Rotorrad 410 auf die magnetischen Dichtungen 420 und 520 hin, z.B. als Folge einer Wärmeausdehnung und/oder Schwingung, langsam zu bewegt. Unter der Voraussetzung, dass ein bei 411 zugeführter entsprechender Luftdruck die magnetischen Dichtungen 420 und 520 nach aussen drückt, drücken die von den Magneten 430 und 435 im System 400 und die Magneten 530 und 535 im System 500 erzeugten entgegengesetzten Magnetkräfte die Magnetdichtungen nach innen, bis ein Gleichgewicht der Kräfte erhalten wird. An diesem Gleichgewichtspunkt kann die Grösse des Spaltes 415 und des Spaltes 515 in den Systemen 400 und 500 relativ beibehalten werden.

[0037] Fig. 6 stellt ein exemplarisches Verfahren 600 zum Erzeugen einer magnetischen Dichtung gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung dar. Das Verfahren 600 kann bei einem Block 605 beginnen, in welchem eine magnetische Dichtung an einer ersten Komponente in einer Rotationsmaschine befestigt werden kann. Die Rotationsmaschine kann jede beliebige Maschine mit rotierenden Komponenten, wie z.B. eine Turbine, einen Verdichter, eine Pumpe oder dergleichen, umfassen. Eine erste Komponente kann eine stationäre Komponente, wie z.B. ein Stator, ein Abschnitt einer stationären Komponente, eine rotierende Komponente, wie z.B. ein Rotor oder ein Abschnitt einer rotierenden Komponente, sein. Die magnetische Dichtung kann unterdessen ein erstes magnetisches Element und ein nachgebendes Material aufweisen. Beispielausführungsformen von magnetischen Dichtungen, die ein erstes magnetisches Element und ein nachgebendes Material aufweisen, können die unter Bezugnahme auf die vorstehenden Fig. 1 bis 5 beschriebenen enthalten. Man erkennt, dass das erste magnetische Element jedes beliebigen magnetischen Element, wie z.B. ein Permanentmagnet oder ein Elektromagnet, sein kann.

[0038] Das Verfahren 600 kann bei dem Block 610 fortfahren, wo ein zweites magnetisches Element an einer zweiten Komponente in der Rotationsmaschine befestigt werden kann. Die zweite Komponente kann eine beliebige Komponente in einer Rotationsmaschine, wie z.B. eine rotierende Komponente oder stationäre Komponente, beinhalten. Die zweite Komponente kann in Bezug auf die magnetische Dichtung wie auf der ersten Komponente befestigt positioniert sein, um einen radialen Abstand zwischen der zweiten Komponente und der wenigstens einen magnetischen Dichtung zu erzeugen. Ein derartiger radialer Spalt, wie z.B. der Spalt 215 in Fig. 2, kann einen axialen Luftstrom zwischen der ersten

Komponente und der zweiten Komponente, wie z.B. der stationären Komponente 205 und der rotierenden Komponente 210, wie ebenfalls unter Bezugnahme auf Fig. 2 beschrieben, ermöglichen.

[0039] Das zweite magnetische Element kann jedes beliebige magnetische Element, wie z.B. ein Permanentmagnet oder ein Elektromagnet sein, und kann dafür konfiguriert sein, eine Kraft gegen die magnetische Dichtung bei dem Block 615 auszuüben. In einer Ausführungsform kann das zweite magnetische Element ein Permanentmagnet und in Bezug auf das erste magnetische Element konfiguriert sein, welches ebenfalls ein Permanentmagnet ist, sodass die Pole des ersten magnetischen Elementes und des zweiten magnetischen Elementes einander gegenüberliegend positioniert sind. Auf diese Weise kann das zweite magnetische Element eine Kraft gegen die magnetische Dichtung ausüben. In einer weiteren Ausführungsform können entweder das zweite magnetische Element oder das erste magnetische Element ein Elektromagnet sein und elektrischer Strom kann dem Elektromagneten zugeführt werden, um dem magnetischen Element zu ermöglichen, Kraft gegen die magnetische Dichtung auszuüben. Beispielsweise kann in einer Ausführungsform des Verfahrens 600, wie in dem optionalen Block 620 dargestellt, das zweite magnetische Element ein Elektromagnet sein und Strom dem Elektromagneten zugeführt werden, sodass das zweite magnetische Element Kraft gegen die magnetische Dichtung ausüben kann. Wiederum können in dieser Ausführungsform die Pole des Elektromagneten in Bezug auf das erste magnetische Element so positioniert sein, dass die Pole des zweiten magnetischen Elementes und des ersten magnetischen Elementes einander gegenüberliegen. Eine derartige Positionierung kann entweder durch eine physikalische Anordnung oder durch die Polung des an den Elektromagneten gelieferten Stromes erreicht werden.

[0040] Bei dem Block 625 kann das Verfahren 600 mit der Anpassung des nachgebenden die magnetische Dichtung bildenden Materials in Reaktion auf die von dem zweiten magnetischen Element ausgeübte Kraft fortfahren. Diese Anpassung kann den radialen Abstand zwischen der magnetischen Dichtung und der zweiten Komponente modifizieren. In einer Ausführungsform kann diese Anpassung der Ermittlung eines axialen Luftstromes zwischen der ersten Komponente und der zweiten Komponente gemäss Darstellung bei dem optionalen Block 630 zugeordnet sein. Beispielsweise können das erste magnetische Element und das zweite magnetische Element so ausgelegt sein, dass sie einen minimalen Abstandsspalt für einen gegebenen Betriebspunkt der Rotationsmaschine einhalten. In einer weiteren Ausführungsform, in welcher das erste magnetische Element und/oder das zweite magnetische Element Elektromagneten sind, kann der jedem magnetischen Element zugeführte elektrische Strom so angepasst werden, dass er den radialen Abstand anpasst und dadurch den axialen Luftstrom anpasst. Wenn der radiale Abstand angepasst wird, kann der axiale Luftstrom gemäss einem oder mehreren Parametern in Verbindung mit der Rotationsmaschine bestimmt werden.

[0041] Da bestimmte Ausführungsformen der Erfindung den radialen Abstand in Verbindung mit einer ersten Komponente und einer zweiten Komponente einhalten können, ohne einen physischen Kontakt mit der magnetischen Dichtung zu erfordern, können bestimmte Ausführungsformen der Erfindung spezielle Probleme in Verbindung mit Dichtungen lösen, die während des Maschinenbetriebs aneinander reiben oder in Berührung kommen. Insbesondere können bestimmte Ausführungsformen der Erfindung Dichtungen bereitstellen, die sich weniger verschlechtern und besser dichten als die in herkömmlichen Systemen bereitgestellten. Eine verbesserte Dichtungsleistung ist wenigstens ein technischer Effekt der Erfindung. Eine verbesserte Dichtungshaltbarkeit ist wenigstens ein weiterer technischer Effekt der Erfindung.

[0042] Ferner können, da bestimmte Ausführungsformen der Erfindung eine Dichtungsoberfläche zwischen einer ersten Komponente und einer zweiten Komponente ohne zugeordnete Reibung erzeugen können, solche Ausführungsformen der Erfindung die Betriebslebensdauer einiger Komponenten verbessern. Ohne Reibung zwischen der magnetischen Dichtung und der Dichtungsüberfläche liegen verringerte Erwärmungseffekte in Verbindung mit der Dichtung und ihrer entsprechenden Dichtungsfläche vor. Mit verringerten Erwärmungseffekten entsteht ein verringertes thermisches Profil für eine oder mehrere Komponenten in Verbindung mit diesen Dichtungsüberflächen. Ein reduziertes thermisches Profil für eine oder mehrere Komponenten kann zu einer längeren Betriebslebensdauer der Komponenten sowie der Rotationsmaschine führen. Verbesserte Betriebslebensdauern für Rotationsmaschinen und Maschinenkomponenten sind weitere technische Effekte der Erfindung.

[0043] Viele Modifikationen und weitere Ausführungsformen der hierin beschriebenen Erfindungen werden dem Fachmann, an welchen sich diese Erfindungen richten, mit dem Vorteil der in den vorstehenden Beschreibungen und den beigefügten Zeichnungen präsentierten Lehren in den Sinn kommen. Daher dürfte für den Fachmann erkennbar sein, dass die Erfindung in vielen Formen ausgeführt werden kann und nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen beschränkt sein soll. Daher dürfte es sich verstehen, dass die Erfindungen nicht auf die offengelegten spezifischen Ausführungsformen beschränkt sind und dass Modifikationen und weitere Ausführungsformen in dem Schutzmfang der beigefügten Ansprüche enthalten sein sollen. Obwohl hierin spezifische Begriffe verwendet werden, werden sie nur in einem allgemeinen und beschreibenden Sinne verwendet und nicht für die Zwecke einer Einschränkung.

[0044] Ausführungsformen der Erfindung können Systeme, Verfahren und eine Vorrichtung zur Schaffung einer magnetischen Dichtung bereitstellen. Gemäss einer Ausführungsform kann ein System 200 mit einer magnetischen Dichtung 220 geschaffen werden. Das System 220 kann eine Rotationsmaschine mit einer ersten Komponente 205 und einer zweiten Komponente 210 beinhalten. Eine magnetische Dichtung 220 kann an der ersten Komponente 205 befestigt und in Bezug auf die zweite Komponente 210 derart positioniert sein, dass ein Spalt 215 zwischen der magnetischen Dichtung 220 und der zweiten Komponente 210 erzeugt ist. Die magnetische Dichtung 220 kann ein erstes magnetisches Element 230 und ein nachgebendes Material 225 enthalten, das dafür angepasst ist, sich in Reaktion auf eine auf die magnetische Dichtung 220 durch ein zweites magnetisches Element 235 ausgeübte Kraft anzupassen. Das zweite magnetische Element 235

kann an der zweiten Komponente 210 so befestigt sein, dass der Spalt 215 zwischen der magnetischen Dichtung 220 und der zweiten Komponente 210 in Reaktion auf die durch das zweite magnetische Element 235 auf die magnetische Dichtung 220 ausgeübte Kraft modifiziert werden kann.

Bezugszeichenliste

[0045]

- 100 System
- 105 Labyrinthdichtungszahne
- 110 Rotorrad
- 115 Wabenstruktur
- 120 Stator
- 200 System
- 205 stationäre Komponente
- 210 rotierende Komponente
- 220 magnetische Dichtung
- 225 nachgebende Leiteinrichtung
- 230 Dichtungsmagnet
- 235 rotierender Magnet
- 300 System
- 340 Druck P1
- 345 Druck P2
- 350 nominelle Position
- 355 versetzte Position
- 400 System
- 405 Stator
- 410 Rotorrad
- 411 Quelle kalter Luft
- 415 Spalt
- 420 magnetische Dichtung
- 425 zusammenfaltbare Folienstruktur
- 426 Entlüftungsdurchlass
- 427 Entlüftungsdurchlass
- 430 Dichtungsmagnet
- 435 Rotierender Magnet
- 500 System
- 515 Spalt
- 520 magnetische Dichtung
- 525 zusammenfaltbare Folienstruktur

526 Entlüftungsdurchlass

527 Entlüftungsdurchlass

530 Dichtungsmagnet

535 rotierender Magnet

600 Verfahren

605 Block

610 Block

615 Block

620 Block

630 Block

Patentansprüche

1. Verfahren mit den Schritten:

Befestigen wenigstens einer magnetischen Dichtung (220) an einer ersten Komponente (205) in einer Rotationsmaschine, wobei die wenigstens eine magnetische Dichtung (220) ein erstes magnetisches Element (230) und ein nachgebendes Material (225) aufweist;

Befestigen eines zweiten magnetischen Elementes (235) an einer zweiten Komponente (210) in der Rotationsmaschine, wobei die zweite Komponente (210) in Bezug auf die erste Komponente (205) so positioniert ist, dass ein Spalt (215) zwischen der zweiten Komponente (210) und der wenigstens einen magnetischen Dichtung (220) erzeugt ist, und wobei das zweite magnetische Element (235) so betrieben werden kann, dass es eine Kraft gegen die wenigstens eine magnetische Dichtung (220) ausübt; und

Anpassen des nachgebenden Materials (225), um den Spalt (215) in Reaktion auf die durch das zweite magnetische Element (235) ausgeübte Kraft zu modifizieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Befestigung wenigstens einer magnetischen Dichtung (220) an einer ersten Komponente (205) in einer Rotationsmaschine den Schritt aufweist:

Befestigen wenigstens einer magnetischen Dichtung an einer ersten Komponente in wenigstens einem von den folgenden:
einer Turbine, einem Verdichter oder einer Pumpe.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Befestigung eines zweiten magnetischen Elementes (235) an einer zweiten Komponente (210) in der Rotationsmaschine den Schritt aufweist:

Befestigen eines zweiten magnetischen Elementes an wenigstens einem von den folgenden: einem Turbinenrad, einem Verdichterrad, einer Lageranordnung oder einer Welle.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder System nach Anspruch 10, wobei das nachgebende Material (225) wenigstens aus einem von den folgenden besteht: einer Leiteinrichtung, einer zusammenfaltbaren Folie oder einer verformbaren Struktur.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Befestigung eines zweiten magnetischen Elementes (235) an einer zweiten Komponente (210) in der Rotationsmaschine den Schritt aufweist:

Befestigen eines Permanentmagneten an einer zweiten Komponente in der Rotationsmaschine.

6. Verfahren nach Anspruch 5 oder System nach Anspruch 10, wobei das zweite magnetische Element (235) wenigstens eines von den nachstehenden Materialien aufweist: Samarium, Kobalt, Neodym, Eisen oder Bor.

7. Verfahren nach Anspruch 1, ferner mit den Schritten:

Erzeugen eines elektrischen Stroms durch die wenigstens eine magnetische Dichtung (220), wenigstens teilweise auf der Basis einer Rotationsbewegung in Verbindung mit der zweiten Komponente (210); und

Ermitteln eines dem Spalt (215) zugeordneten Luftstroms, wenigstens teilweise auf der Basis des von der wenigstens einen magnetischen Dichtung (220) erzeugten elektrischen Stroms.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das auf der zweiten Komponente (210) befestigte zweite magnetische Element (235) ein Elektromagnet ist und das Verfahren ferner den Schritt aufweist:

Zuführen von elektrischem Strom zu dem zweiten magnetischen Element (235), um Kraft gegen die wenigstens eine magnetische Dichtung (220) auszuüben.

9. Verfahren nach Anspruch 8, ferner mit dem Schritt:

Anpassen des dem zweiten magnetischen Element (235) zugeführten Stroms, um den Spalt (215) zu modifizieren.

10. System, aufweisend:

eine Rotationsmaschine mit einer ersten Komponente (205) und einer zweiten Komponente (210);
wenigstens eine magnetische Dichtung (220), die an der ersten Komponente (205) befestigt und in Bezug auf die zweite Komponente (210) derart positioniert ist, das ein Spalt (215) zwischen der zweiten Komponente (210) und der wenigstens einen magnetischen Dichtung (220) erzeugt ist, wobei die wenigstens eine magnetische Dichtung (220) ein erstes magnetisches Element (230) und ein nachgebendes Material (225) aufweist;
ein an einer zweiten Komponente (210) befestigtes zweites magnetisches Element (235), das so betrieben werden kann, dass es Kraft gegen die wenigstens eine magnetische Dichtung (220) ausübt, wobei das nachgebende Material (225) so betrieben werden kann, dass es in Reaktion auf die durch das zweite magnetische Element (235) ausgeübte Kraft den Spalt (215) zwischen der zweiten Komponente (210) und der wenigstens einen magnetischen Dichtung (220) anpasst;
wenigstens einen Sensor, der zum Messen eines elektrischen Stroms betrieben werden kann und mit der wenigstens einen magnetischen Dichtung (220) verbunden ist, wobei die wenigstens eine magnetische Dichtung (220) so betrieben werden kann, dass sie elektrischen Strom wenigstens teilweise auf der Basis einer Rotationsbewegung in Verbindung mit der zweiten Komponente (210) erzeugt; und
wenigstens einen Prozessor, der so betrieben werden kann, dass er elektrische Strominformation von dem wenigstens einen Sensor empfängt und einen Luftstrom in Verbindung mit dem Spalt (215) wenigstens teilweise auf der Basis des von der wenigstens einen magnetischen Dichtung (220) erzeugten elektrischen Stromes bestimmt.

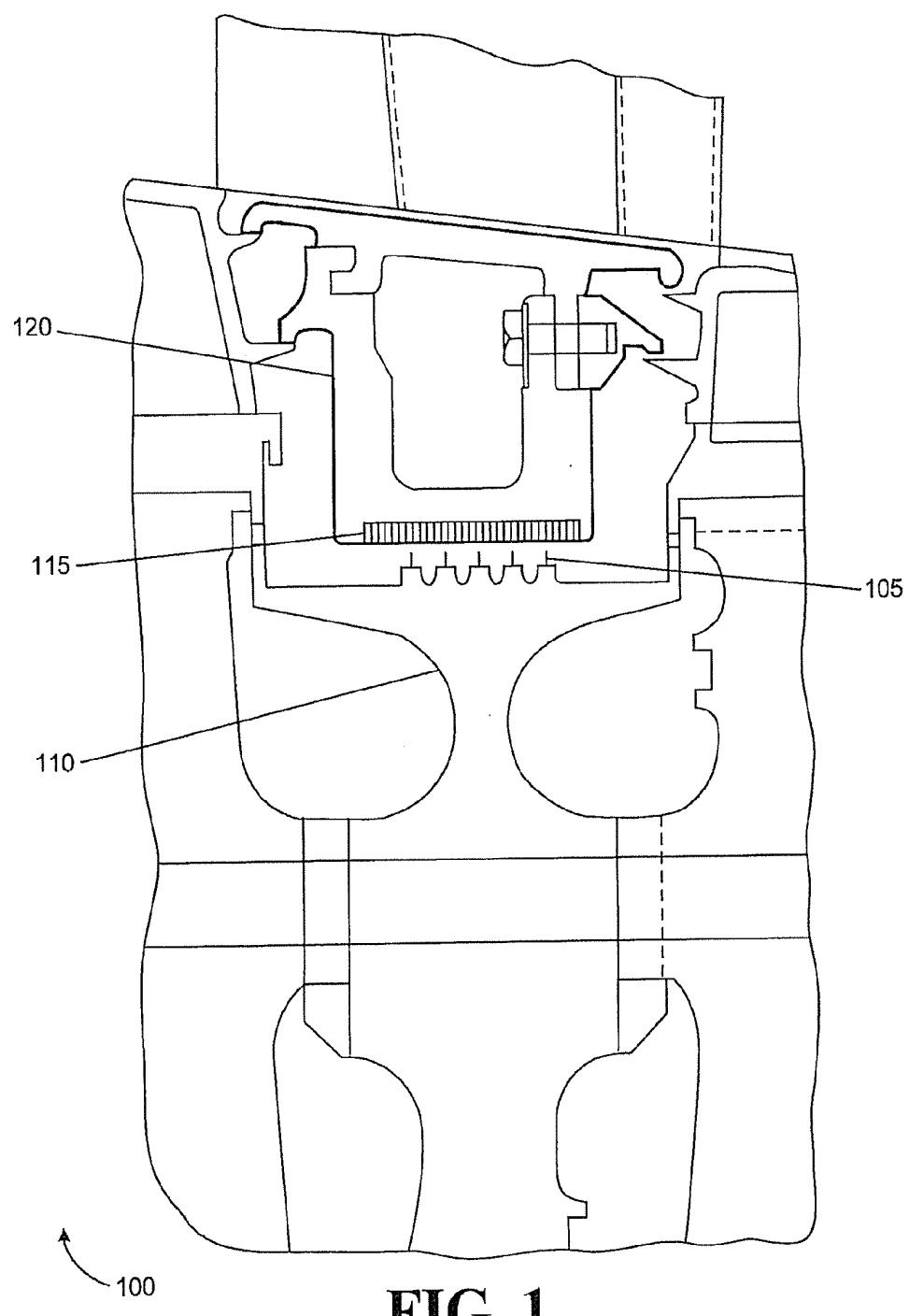
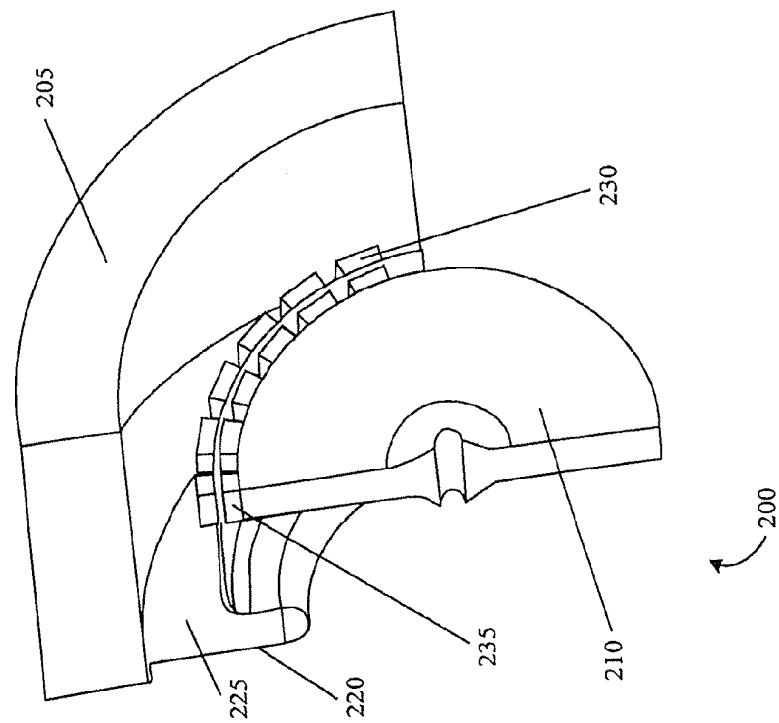
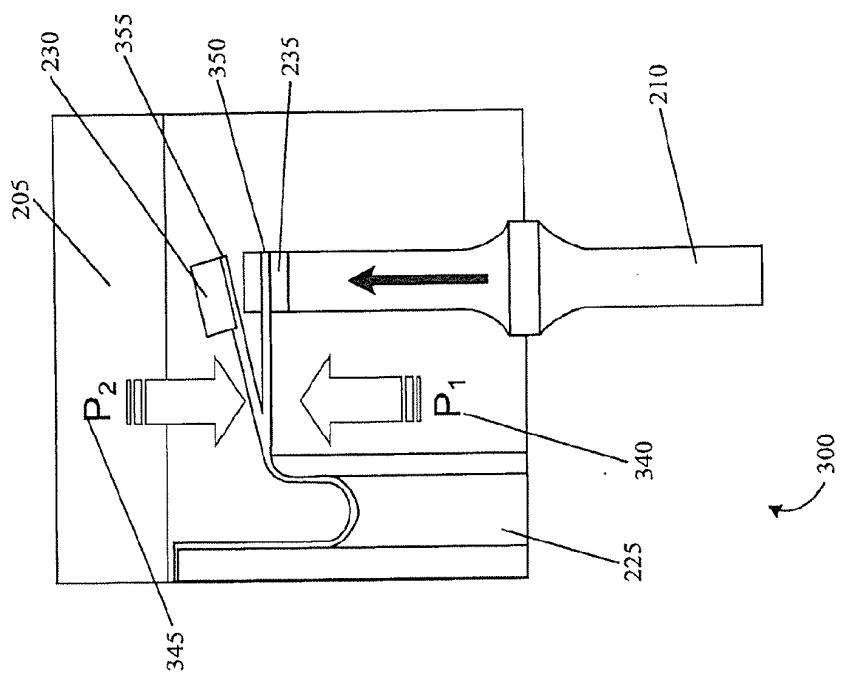


FIG. 1

(STAND DER TECHNIK)



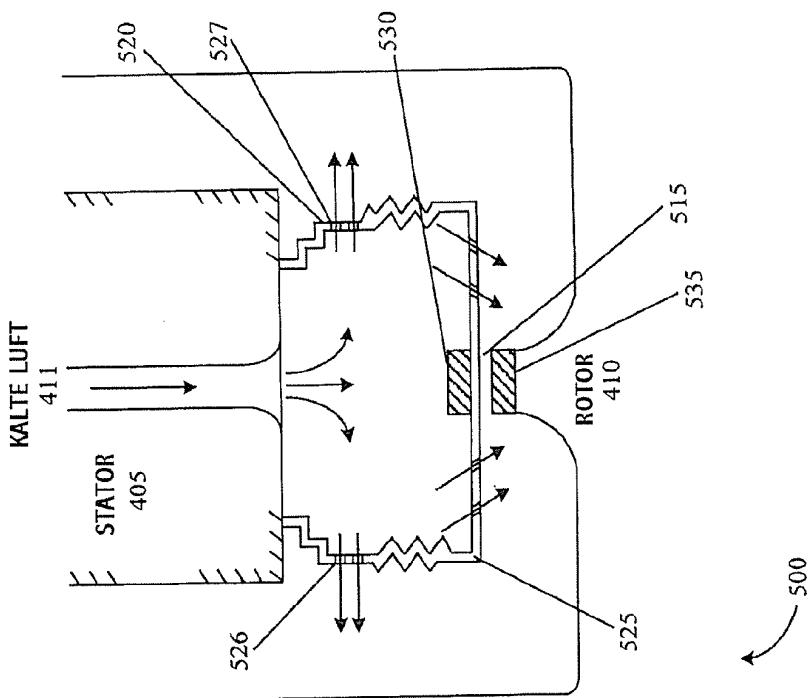


FIG. 5

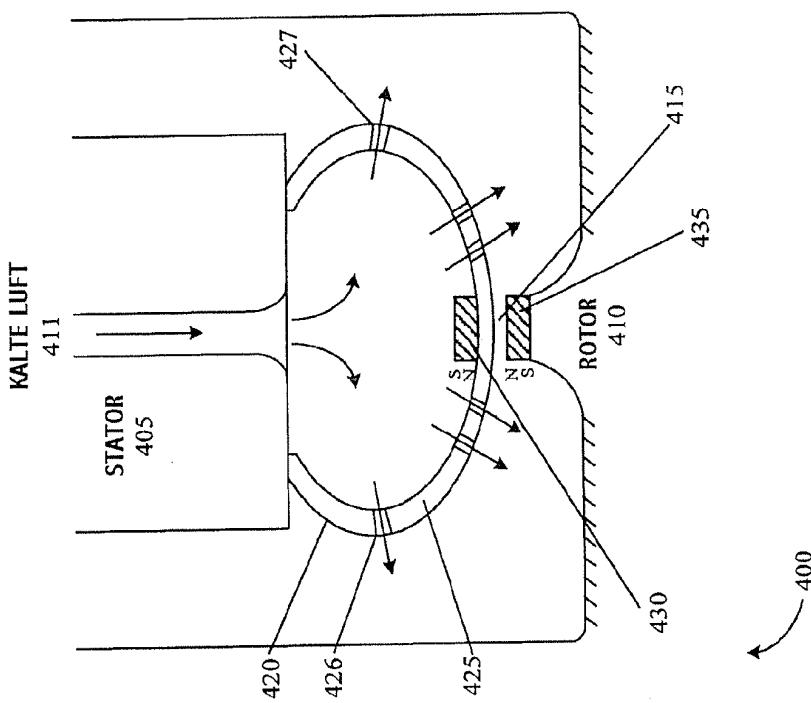


FIG. 4

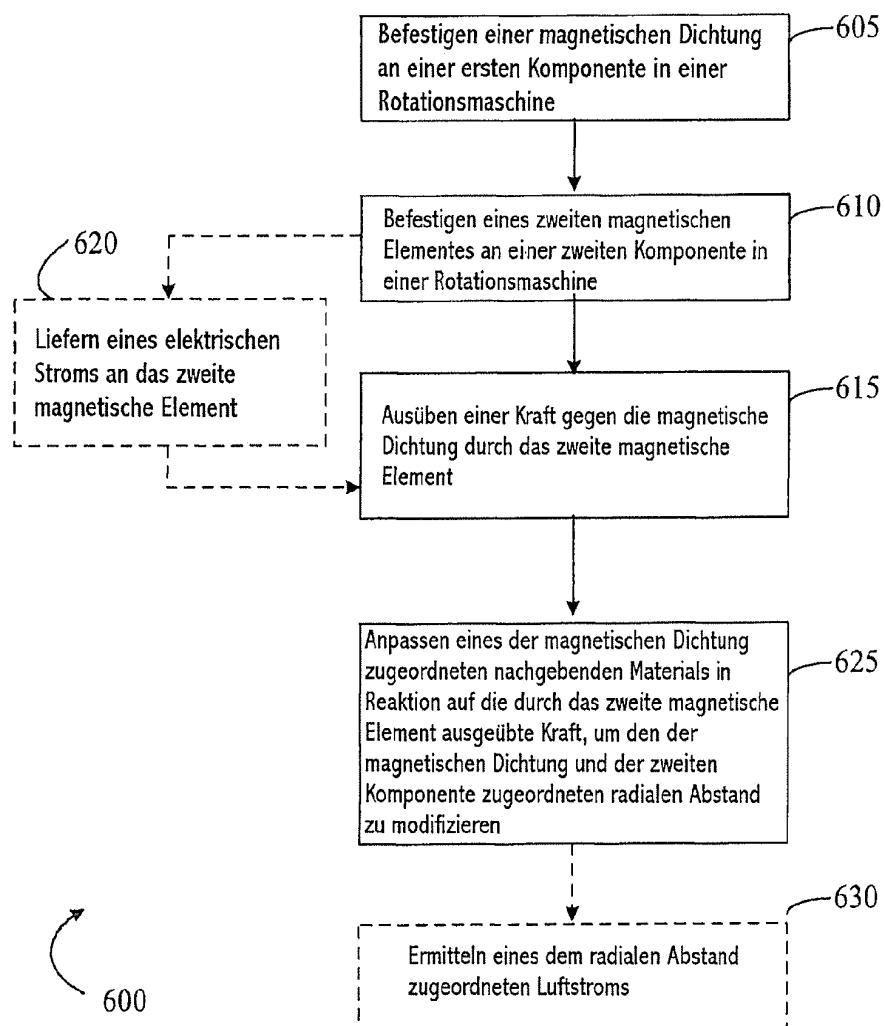


FIG. 6