(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2014 111 842 A1** 2015.03.12

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 111 842.1**
(22) Anmeldetag: **19.08.2014**
(43) Offenlegungstag: **12.03.2015**

(51) Int Cl.: ***F01D 25/08*** (2006.01)
F02C 7/04 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
14/019,791 **06.09.2013** **US**

(71) Anmelder:
GENERAL ELECTRIC COMPANY, Schenectady, N.Y., US

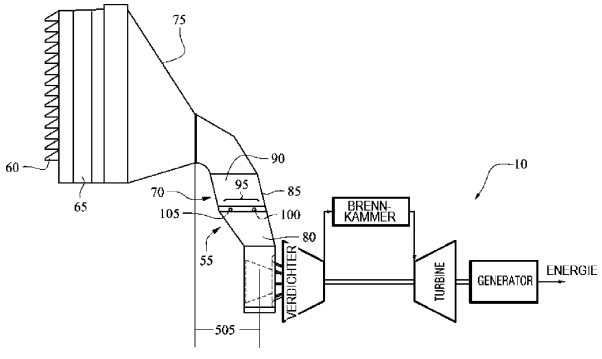
(74) Vertreter:
Rüger, Barthelt & Abel Patentanwälte, 73728 Esslingen, DE

(72) Erfinder:
Merchant, Laxmikant, Bangalore, Karnataka, IN; Hofer, Douglas Carl, Niskayuna, N.Y., US; Ponyavin, Valery Ivanovich, Greenville, S.C., US; Byrd, Douglas Scott, Greenville, S.C., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Einlasszapflufterwärmungssystem und zugehöriges Verfahren für einen kompakten Gasturbineneinlass**

(57) Zusammenfassung: Ein Einlasssystem für eine Gasturbine enthält: einen Einlassluftkanal; einen in dem Einlassluftkanal angeordneten Lärmminderer, wobei der Lärmminderer mehrere Paneele mit Zwischenräumen zwischen den Paneelen enthält; und eine Leitung mit Öffnungen, die zur Injektion von Einlasszapfluftwärme in jeden von den Zwischenräumen angeordnet sind. Ein Verfahren zum Konditionieren von Einlassluft für eine Gasturbine enthält ein Strömenlassen von Luft durch Zwischenräume zwischen Paneelen eines Lärmminderers in einem Einlassluftkanal der Gasturbine und Injizieren von Einlasszapfluftwärme durch Öffnungen hindurch und in jeden von den Zwischenräumen hinein



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Der hierin offenbarte Gegenstand betrifft ein Zapfluftsystem zur Erwärmung der Einlassluft (Einlasszapflufterwärmungs-(IBH, Inlet Bleed Heat)-System) und Verfahren für einen kompakten Gasturbineneinlass. Der hierin offenbarte Gegenstand betrifft insbesondere ein Einlasszapflufterwärmungssystem und ein Verfahren für einen kompakten Gasturbineneinlass mit verbesserter Zumischung der Zapfluftwärme für die Einlassluft (Einlasszapfluftwärme).

[0002] Die US-Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnummer 2009/0241552 offenbart ein Einlasszapflufterwärmungssystem mit einer Versorgungsleitung, mehreren sich von der Versorgungsleitung aus erstreckenden Zuführungsrohren und einem Führungsrohr zur Aufnahme von zu der Versorgungsleitung entgegengesetzten Enden der Zuführungsrohre. Die Zuführungsrohre weisen jeweils mehrere Injektionsöffnungen auf, und die Zuführungsrohre sind derart ausgerichtet, dass die Injektionsöffnungen im Wesentlichen in einen Strom ankommender Luft zeigen.

[0003] Ein weiteres Einlasszapflufterwärmungssystem ist in der US-Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnummer 2013/0115061 offenbart, welches mit an die General Electric Company übertragen ist.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0004] Das in der US-Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnummer 2009/0241552 offenbarte System hat gewisse Nachteile. Ein erster Nachteil ist, dass eine größere Kanallänge erforderlich ist, um eine angemessene Zumischung der Einlasszapfluftwärme zu schaffen. Ein zweiter Nachteil ist, dass die Anordnung der Injektionsöffnungen zu übermäßigem Lärm führt. Ein dritter Nachteil ist, dass die Anordnung der Zuführungsrohre eine sehr hohe Anzahl von Zuführungsrohren erfordert, was zu hohen Kosten und hoher Komplexität des Systems führt.

[0005] Aspekte des hierin beschriebenen Einlasszapflufterwärmungssystems stellen Lösungen für ein oder mehrere Probleme oder Nachteile, die mit dem Stand der Technik verbunden sind, bereit.

[0006] In einem exemplarischen, aber nicht-einschränkenden Aspekt betrifft die vorliegende Offenbarung ein Einlasssystem für eine Gasturbine. Das System weist auf: einen Einlassluftkanal; einen in dem Einlassluftkanal angeordneten Lärmminderer, wobei der Lärmminderer mehrere Paneele mit Zwischenräumen zwischen den Paneelen aufweist; und eine Leitung mit Öffnungen, die zum Injizieren von Einlasszapfluftwärme in jeden von den Zwischenräumen angeordnet sind.

[0007] In dem zuvor erwähnten System können sich die Öffnungen zwischen einem stromaufwärtigen Ende und einem stromabwärtigen Ende der Paneele befinden.

[0008] In dem System jedes beliebigen vorstehend erwähnten Typs können die Öffnungen so ausgerichtet sein, dass sie die Einlasszapfluftwärme mit einer ersten positiven Geschwindigkeitskomponente entgegengesetzt zu einer Richtung eines Einlassluftstroms durch die Paneele injizieren.

[0009] Zusätzlich oder alternativ können die Öffnungen so ausgerichtet sein, dass sie die Einlasszapfluftwärme mit einer zweiten positiven Geschwindigkeitskomponente rechtwinklig zu der Richtung des Einlassluftstroms durch die Paneele injizieren.

[0010] In dem System jedes beliebigen vorstehend erwähnten Typs kann jede von den Öffnungen entlang der Leitung im Wesentlichen an einem Mittelpunkt zwischen zwei Paneelen von den mehreren Paneelen angeordnet sein.

[0011] In dem System jedes beliebigen vorstehend erwähnten Typs können die Paneele im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sein, und die Leitung kann im Wesentlichen rechtwinklig zu den Paneelen ausgerichtet sein.

[0012] Das System jedes beliebigen vorstehend erwähnten Typs kann ferner eine zweite Leitung im Wesentlichen parallel zu und im Wesentlichen gleichartig wie die Leitung aufweisen.

[0013] In dem System jedes beliebigen vorstehend erwähnten Typs können die Öffnungen so dimensioniert sein, dass sie die Einlasszapfluftwärme mit Schallgeschwindigkeit injizieren.

[0014] In dem System jedes beliebigen vorstehend erwähnten Typs kann eine Anzahl der Öffnungen ein ganzzahliges Vielfaches einer Anzahl der Zwischenräume sein.

[0015] In dem System jedes beliebigen vorstehend erwähnten Typs können die Öffnungen derart zum Injizieren der Einlasszapfluftwärme angeordnet sein, dass die Einlasszapfluftwärme aufgrund des Einlassluftstroms durch die Zwischenräume die Strömungsrichtung in den Zwischenräumen verändert.

[0016] In einem weiteren exemplarischen, jedoch nichteinschränkenden Aspekt betrifft die vorliegende Offenbarung ein Kraftwerk. Das Kraftwerk weist auf: eine Gasturbine, die einen Verdichter, ein Verbrennungssystem und ein Turbinensystem enthält; eine mechanische oder elektrische Last; und ein Einlasssystem für die Gasturbine. Das Einlasssystem weist auf: einen Einlassluftkanal; einen in dem Einlassluft-

kanal angeordneten Lärmminderer, wobei der Lärmminderer mehrere Paneele mit Zwischenräumen zwischen den Paneelen enthält; und eine Leitung mit Öffnungen, die zum Injizieren von Einlasszapfluftwärme in jeden der Zwischenräume angeordnet sind.

[0017] In dem vorstehend erwähnten Kraftwerk der vorliegenden Erfindung kann das Einlasssystem eine beliebige der vorstehend erwähnten Ausführungsformen aufweisen.

[0018] In einem weiteren exemplarischen, aber nichteinschränkenden Aspekt betrifft die vorliegende Offenbarung ein Verfahren zum Konditionieren von Einlassluft für eine Gasturbine. Das Verfahren weist ein Strömenlassen von Luft durch Zwischenräume zwischen Paneelen eines Lärmminderers in einem Einlassluftkanal der Gasturbine und Injizieren von Einlasszapfluftwärme durch Öffnungen hindurch und in jeden der Zwischenräume auf.

[0019] In dem zuvor erwähnten Verfahren der vorliegenden Erfindung kann die Einlasszapfluftwärme zwischen einem stromaufwärtigen Ende und einem stromabwärtigen Ende der Paneele injiziert werden.

[0020] In dem Verfahren jedes beliebigen vorstehend erwähnten Typs kann die Einlasszapfluftwärme mit einer ersten positiven Geschwindigkeitskomponente entgegengesetzt zu einer Richtung eines Einlassluftstroms durch die Paneele injiziert werden.

[0021] Zusätzlich oder alternativ kann die Einlasszapfluftwärme mit einer zweiten positiven Geschwindigkeitskomponente rechtwinklig zu der Richtung des Einlassluftstroms durch die Paneele injiziert werden.

[0022] In dem Verfahren jedes beliebigen vorstehend erwähnten Typs kann die Einlasszapfluftwärme stromaufwärts von den Paneelen injiziert werden.

[0023] Das Verfahren jedes beliebigen vorstehend erwähnten Typs kann ferner aufweisen, dass veranlasst wird, dass sich eine Richtung, in die die Einlasszapfluftwärme strömt, aufgrund des Einlassluftstroms durch die Zwischenräume verändert.

[0024] Das Verfahren jedes beliebigen vorstehend erwähnten Typs kann ferner ein Umkehren der Strömungsrichtung der Einlasszapfluftwärme in den Zwischenräumen nach dem Verlassen der Öffnungen aufweisen.

[0025] Das Verfahren jedes beliebigen vorstehend erwähnten Typs kann ferner ein ausgelöstes Zumischen der Einlasszapfluftwärme stromabwärts von dem Lärmminderer, mit fortgesetztem Zumischen in dem Lärmminderer und stromaufwärts von den Öffnungen aufweisen.

[0026] Das Verfahren jedes beliebigen vorstehend erwähnten Typs kann ferner ein Abschließen der Zumischung stromabwärts von dem Lärmminderer aufweisen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0027] **Fig.** 1 ist eine vereinfachte Seitenaufrissansicht eines bekannten Einlasssystems für eine Gasturbinenmaschine;

[0028] **Fig.** 2 ist eine vereinfachte Seitenaufrissansicht für eine Gasturbinenmaschine gemäß einem exemplarischen, aber nicht-einschränkenden Aspekt der Offenbarung;

[0029] **Fig.** 3 zeigt ein aus **Fig.** 1 entnommenes vergrößertes Detail;

[0030] **Fig.** 4 ist eine perspektivische Ansicht eines weiteren bekannten Lärmminderer- und Einlasszapflufterwärmungssystem;

[0031] **Fig.** 5 veranschaulicht eine horizontale Teilquerschnittsansicht des Lärmminderer- und Einlasszapfluftsystems von **Fig.** 4;

[0032] **Fig.** 6 veranschaulicht eine weitere bekannte Beziehung zwischen Lärmmindererpaneelen und Einlasszapfluftwärmeleitungen;

[0033] **Fig.** 7 zeigt ein aus **Fig.** 2 entnommenes vergrößertes Detail;

[0034] **Fig.** 8 veranschaulicht eine bekannte Beziehung zwischen einem Lärmminderer und der Einlasszapfluftwärmeleitung gemäß Darstellung in **Fig.** 7;

[0035] **Fig.** 9 veranschaulicht eine isometrische Ansicht der Komponenten in **Fig.** 8;

[0036] **Fig.** 10 veranschaulicht das in **Fig.** 8 dargestellte System mit Blick in stromabwärtiger Richtung zu den Lärmmindererpaneelen und Öffnungen der Zapfluftwärmeleitungen hin;

[0037] **Fig.** 11 veranschaulicht eine alternative Ausgestaltung der in **Fig.** 8 dargestellten Komponenten;

[0038] **Fig.** 12 veranschaulicht die Komponenten von **Fig.** 11, aus einer Richtung parallel zu den Zapfluftwärmeleitungen betrachtet;

[0039] **Fig.** 13 veranschaulicht eine alternative Ausgestaltung der in **Fig.** 8 dargestellten Komponenten;

[0040] **Fig.** 14 veranschaulicht die Komponenten von **Fig.** 13, aus einer Richtung parallel zu den Zapfluftwärmeleitungen betrachtet;

[0041] Fig. 15 veranschaulicht einen Abschnitt eines Lärmminderer- und Einlasszapflufterwärmungssystems, das für ein Fluiddynamik-Berechnungsmodell verwendet wird;

[0042] Fig. 16 veranschaulicht eine bekannte Ausgestaltung eines Lärmminderer- und Einlasszapfluft-erwärmungssystems, das für ein Fluiddynamik-Berechnungsmodell verwendet wird;

[0043] Fig. 17 veranschaulicht eine Ausgestaltung eines Lärmminderer- und Einlasszapflufterwärmungssystems, das für ein Fluiddynamik-Berechnungsmodell von Komponenten, ähnlich den in **Fig.** 8, verwendet wird; und

[0044] Fig. 18 veranschaulicht Ergebnisse eines Fluiddynamik-Berechnungsmodells.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0045] Eine oder mehrere spezifische Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind nachstehend beschrieben. In dem Bemühen, eine konzise Beschreibung dieser Ausführungsformen zu geben, können nicht alle Merkmale einer tatsächlichen Implementierung in der Beschreibung beschrieben werden. Es dürfte erkennbar sein, dass bei der Entwicklung von jeder derartigen tatsächlichen Implementierung, wie bei jedem technischen oder konstruktiven Projekt, zahlreiche implementationsspezifische Entscheidungen getroffen werden müssen, um die spezifischen Ziele, wie z.B. Übereinstimmung mit systembezogenen und geschäftsbezogenen Einschränkungen, zu erreichen, welche von einer Implementation zur anderen variieren können. Ferner dürfte erkennbar sein, dass eine derartige Entwicklungsanstrengung komplex und zeitaufwendig sein kann, aber trotzdem hinsichtlich Auslegung, Herstellung und Fertigung für den normalen Fachmann mit dem Vorteil dieser Offenbarung eine Routineaufgabe wäre.

[0046] Detaillierte Beispielausführungsformen sind hierin offenbart. Jedoch sind hierin offenbarte strukturelle und funktionale Details lediglich für die Zwecke der Beschreibung von beispielhaften Ausführungsformen repräsentativ. Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung können jedoch in vielen alternativen Formen verkörpert sein und sollten nicht als nur auf die hierin dargestellten Ausführungsformen beschränkt betrachtet werden.

[0047] Dementsprechend sind, obwohl beispielhafte Ausführungsformen verschiedene Modifikationen und alternative Formen annehmen können, deren Ausführungsformen im Rahmen von Beispielen in den Figuren veranschaulicht und hierin im Detail beschrieben. Es dürfte sich jedoch verstehen, dass keine Absicht einer Beschränkung von Beispielausführungsformen auf die hierin offenbarten speziellen Formen vorliegt, sondern im Gegenteil Beispielausführungsformen alle in den Umfang der vorliegenden Offenbarung fallenden Modifikationen, Äquivalente und Alternativen mit umfassen sollen.

[0048] Die hierin verwendete Terminologie dient nur dem Zweck der Beschreibung spezieller Ausführungsformen und soll nicht die Erfindung einschränken. So wie hierin verwendet, sollen die Singularformen "einer, eine, eines" und "der, die, das" auch die Pluralformen mit einschließen, soweit der Kontext nicht deutlich anderes anzeigt. Die Begriffe "weist auf", "aufweisend", "enthält" und/oder "enthaltend", wenn sie hierin verwendet werden, spezifiziern das Vorliegen festgestellter Merkmale, ganzer Zahlen, Schritte, Operationen, Elemente und/oder Komponenten, schließen aber das Vorliegen oder die Hinzufügung von einem/einer oder mehreren anderen Merkmalen, ganzen Zahlen, Schritten, Operationen, Elementen, Komponenten und/oder Gruppen davon nicht aus.

[0049] Obwohl die Begriffe erste, zweite, primär, sekundär hierin zur Beschreibung verschiedener Elemente verwendet werden können, sollten diese Elemente nicht durch diese Begriffe eingeschränkt sein. Diese Begriffe werden nur zur Unterscheidung eines Elements von einem anderen verwendet. Beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, könnte ein erstes Element als ein zweites Element bezeichnet werden, und ebenso könnte ein zweites Element als ein erstes Element bezeichnet werden, ohne von dem Umfang der Beispielausführungsformen abzuweichen. So wie hierin verwendet beinhaltet der Begriff "und/oder" jede und alle Kombinationen von einem oder mehreren der zugeordneten angegebenen Elemente.

[0050] Eine bestimmte Terminologie wird hierin nur zur Vereinfachung für den Leser verwendet und ist nicht als eine Einschränkung bezüglich des Umfangs der Erfindung anzusehen. Beispielsweise beschreiben Worte, wie z.B. "obere", "untere", "links", "rechts", "vordere", "hintere", "oben", "unten", "horizontal", "vertikal", "stromaufwärts", "stromabwärts", "vorne", "hinten" und dergleichen lediglich die in den Figuren dargestellte Ausgestaltung. Tatsächlich kann/können das Element oder die Elemente einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in jeder beliebigen Richtung ausgerichtet sein, und die Terminologie sollte daher als solche Varianten mit umfassend verstanden werden, sofern es nicht anderweitig spezifiziert wird.

[0051] So wie durch die gesamte Beschreibung und die Ansprüche hindurch verwendet, beinhaltet "im Wesentlichen" wenigsten Abweichungen von Ideal-

oder Nominalwerten, die innerhalb von Fertigungs- und/oder Prüftoleranzen liegen.

[0052] Die vorliegende Offenbarung kann auf eine Vielfalt von Verbrennungsturbinenmaschinen angewendet werden, die eingesaugte Luft verdichten, wie z.B., jedoch nicht darauf beschränkt, eine Hochleistungsgasturbine, eine von Flugzeugturbinen abgeleitete Gasturbine und dergleichen. Eine Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung kann auf eine weitere einzelne Verbrennungsturbinenmaschine oder mehrere Verbrennungsturbinenmaschinen angewendet werden. Eine Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung kann auf eine Verbrennungsturbinenmaschine angewendet werden, die in einem einfachen Zyklus oder einem Kombinationszyklus arbeitet.

[0053] **Fig.** 1 veranschaulicht ein herkömmliches System mit einer Verbrennungsturbinenmaschine **10**, einem Einlasssystem **55** und einem Zapfluftsystem zur Erwärmung der Einlassluft (Einlasszapflufterwärmungssystem; IBH-System) **95**.

[0054] Die Verbrennungsgasturbinenmaschine **10** weist im Allgemeinen einen Verdichter und Turbinenabschnitt auf. Der Verdichter enthält einen Verdichtereinlass. Der Verdichtereinlass kann mehrere Einlassleitschaufeln (IGVs) enthalten, die stromabwärts von einem Einlasssammelraum **35** angeordnet sind. Die Verbrennungsturbinenmaschine **10** enthält auch im Allgemeinen einen Turbinenabschnitt, der mit einem (nicht dargestellten) Auslassdiffusor strömungsmäßig verbunden ist.

[0055] Das Einlasssystem **55** enthält im Allgemeinen eine an einem stromaufwärtigen Ende eines Einlassfiltergehäuses **65** angeordnete Wetterhaube **60**. Die Wetterhaube **60** ist mit dem Einlasssammelraum **35** über einen Einlassluftkanal **70** strömungsmäßig verbunden. Der Einlassluftkanal **70** enthält einen ersten Endabschnitt **75**, der sich zu einem zweiten Endabschnitt **80** durch einen Zwischenabschnitt **85** erstreckt. Der erste Endabschnitt **75** kann in einer Richtung im Wesentlichen parallel zu einer Mittellinie des Verdichters ausgerichtet sein und definiert einen Einlass zur Aufnahme von Umgebungsluft. Der zweite Endabschnitt **80** kann in einer Richtung im Wesentlichen rechtwinklig zu einer Mittellinie des Verdichters ausgerichtet sein und definiert einen Auslass des Kanals **70**, der die Umgebungsluft zu dem Verdichtereinlass hin leitet.

[0056] Das Einlasssystem **55** enthält auch einen stromabwärts von dem Einlassfiltergehäuse **65** angeordneten Einlasslärmminderer **90** und ein stromabwärts von dem Einlasslärmminderer **90** angeordnetes IBH-System **95**. Der zweite Endabschnitt **80** des Kanals **70** ist strömungsmäßig mit dem Diffusor und dem Verdichtereinlass verbunden, wovon beide an den Einlassluftkanal **70** angrenzen.

[0057] Das IBH-System **95** beinhaltet eine erste und zweite Leitung **100**, **105**, die vertikale Schleier von erwärmter Luft in dem Einlassluftkanal **70** erzeugen. Die erste und zweite Leitung **100** und **105** können strömungsmäßig mit einem Abzapfverteiler in der Verbrennungsturbinenmaschine **10** mittels einer (nicht dargestellten) IBH-Zuführungsleitung verbunden sein. Die Leitung enthält eine zugeordnete Leitungsführung, die den Abzapfverteiler mit der ersten und zweiten Leitung **100**, **105** strömungsmäßig verbindet.

[0058] **Fig.** 2 veranschaulicht ein System gemäß der vorliegenden Offenbarung und enthält alle Komponenten von **Fig.** 1, so dass eine weitere Beschreibung dieser Komponenten unterlassen wird. Im Wesentlichen unterscheidet sich das in **Fig.** 2 offenbarte System von dem System von **Fig.** 1 in der Ausrichtung und in spezifischen Details der Komponenten, welche nachstehend detaillierter beschrieben sind. Das Ergebnis der Unterschiede besteht darin, dass die Strecke **500** in **Fig.** 1 von einem Einlass des Lärmminderers **90** bis zu einem Mittelpunkt des Einlasses der Verbrennungsturbine deutlich länger als die Strecke **505** in **Fig.** 2 ist. Die Verkürzung der Strecke kann wenigstens teilweise aufgrund der Unterschiede des IBH-Systems **95** erzielt werden. In einem nicht-einschränkenden Beispiel beträgt die Strecke **500** 24 Fuß, während die Strecke **505** 15 Fuß beträgt. Somit kann aus nachstehend im Detail erläuterten Gründen die Gesamtgröße eines Einlasssystems in einer exemplarischen Implementation vorteilhaft um ca. 37,5 % verkleinert werden.

[0059] Das System gemäß der vorliegenden Offenbarung, z.B. das System von **Fig.** 2, kann in einem Kraftwerk enthalten sein. Das Kraftwerk kann eine Gasturbine **10** enthalten, wobei die Gasturbine einen Verdichter, ein Verbrennungssystem und einen Turbinenabschnitt aufweist. Typischerweise sind eine mechanische oder elektrische Last mit beinhaltet.

[0060] **Fig.** 3 veranschaulicht den Lärmminderer **90** und das Einlasszapflufterwärmungssystem **95** von **Fig.** 1 in größeren Einzelheiten, wobei ein vertikal ausgerichtetes Lärmmindererpaneel **110** aus einer Seitenansicht dargestellt ist. IBH-Strahlen **125** treten aus der ersten Leitung **100** und der zweiten Leitung **105** in einer Richtung im Wesentlichen rechtwinklig zu einer Richtung des Einlassluftstroms aus. Die IBH-Strahlen **125** werden durch (nicht sichtbare) Durchtrittsöffnungen in der ersten und zweiten Leitung **100**, **105** erzeugt.

[0061] **Fig.** 4 veranschaulicht eine Ausgestaltung gemäß der US-Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnummer 2009/0241552. In dieser Ausgestal-

tung sind mehrere IBH-Leitungen **115** jeweils mit mehreren vertikal ausgerichteten und seitlich beabstandeten Lärmmindererpaneelen **110** ausgerichtet und stromaufwärts von diesen angeordnet. Jede von den IBH-Leitungen **105** hat mehrere Öffnungen **120**, die ausgerichtet sind, um Einlasszapfluftwärme gegen die oder stromaufwärts in Bezug auf die Strömungsrichtung der Einlassluft zu injizieren.

[0062] Fig. 5 veranschaulicht eine Querschnittsansicht von **Fig.** 4. **Fig.** 5 veranschaulicht einfach die Ausrichtung zwischen den IBH-Leitungen **115** und den Lärmmindererpaneelen **110**. Aufgrund dieser relativen Ausrichtung befinden sich die IBH-Leitungen **115** in einer Zone einer relativ geringen Einlassluftströmungsgeschwindigkeit. Der Einlassluftstrom hat eine Strömungsgeschwindigkeit bei oder nahezu Null an den Vorderkanten der Lärmmindererpaneele **110** und der IBH-Leitungen **115**. Eine maximale Einlassluftströmungsgeschwindigkeit und/oder maximale Turbulenz wird irgendwo zwischen den Lärmmindererpaneelen **110** erreicht, da die Durchflussfläche begrenzt ist. Demzufolge wird die minimale Einlassströmungsgeschwindigkeit stromaufwärts von (in **Fig.** 5 links von) den IBH-Leitungen **115** erreicht.

[0063] Die Ausgestaltung von **Fig.** 5 hat verschiedene Nachteile. Erstens werden die die Öffnungen **120** verlassenden IBH-Strahlen **125** in einen Bereich injiziert, der die geringste relative Einlassluftgeschwindigkeit dieses Abschnitts des Systems hat. Somit führt diese Ausgestaltung dazu, dass die IBH-Strahlen **125** stromaufwärts über die maximal mögliche Strecke strömen, bevor der Einlassluftstrom die IBH-Strahlen **125** veranlasst, ihre Strömungsrichtung umzukehren, sich mit dem Einlassluftstrom zu vermischen und zwischen den Lärmmindererpaneelen **110** durchzuströmen. Zweitens ist, wenn die IBH-Strahlen **125** die Öffnungen **120** bei Schallgeschwindigkeit verlassen, nichts vorhanden, um den Schall zu dämpfen. Dieses führt zu einem von den IBH-Strahlen **125** verursachten unerwünschten Lärm. Drittens besteht eine Eins-zu-Eins-Zuordnung zwischen den IBH-Leitungen **115** und den Lärmmindererpaneelen **110**, was zu hohen Kosten und hoher Komplexität des Systems führt.

[0064] Fig. 6 veranschaulicht eine weitere Ausgestaltung der US-Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnummer 2009/0241552. Diese Ausgestaltung ist ähnlich der in **Fig.** 5 veranschaulichten mit der Ausnahme, dass die IBH-Leitungen **115** stromabwärts in Bezug auf die Lärmmindererpaneele **110** angeordnet sind und die Öffnungen **120** so ausgerichtet sind, dass die IBH-Strahlen **125** zu Beginn rechtwinklig zu der Einlassluftströmungsrichtung ausgerichtet sind.

[0065] Fig. 7 veranschaulicht den Lärmminderer **90** und das Einlasszapflufterwärmungssystem **95** von **Fig.** 2 mit mehr Details. Die IBH-Strahlen **125** werden von (nicht sichtbaren) Durchtrittsöffnungen **120** in der ersten und zweiten Leitung **100**, **105** erzeugt. Die IBH-Strahlen **125** treten aus der ersten Leitung **100** und der zweiten Leitung **105** in einer Richtung im Wesentlichen gegen eine Richtung des Lufteinlassstroms aus. Somit haben, wie dargestellt, die IBH-Strahlen **125** wenigstens einen Teil einer positiven Geschwindigkeitskomponente, die einer Richtung des Lufteinlassstroms durch den Lärmminderer **90** hindurch entgegengesetzt ist. Es kann auch eine positive Geschwindigkeitskomponente vorhanden sein, die zu der Richtung des Lufteinlassstroms rechtwinklig ist. Der resultierende Vektor der IBH-Strahlen **125** kann sich bei einem bestimmten Winkel zwischen einer vollkommenen Gegenströmung und einer vollkommenen rechtwinkligen Strömung befinden. Somit sind die Öffnungen **120** so gestaltet, dass die IBH-Strahlen **125** im Wesentlichen bei Schallgeschwindigkeit austreten und im Wesentlichen gegen den Einlassluftstrom und in den Lärmminderer strömen. Eine Richtung, in die die Einlasszapfluftwärme strömt, ändert sich somit und kann sich aufgrund des Einlassluftstroms durch die Zwischenräume, während sich der Einlassluftstrom und die Einlasszapfluftwärme vermischen, vollständig umkehren.

[0066] Die Ausgestaltung von **Fig.** 7 stellt auch die erste und zweite Leitung **100**, **105** im Wesentlichen rechtwinklig zu den Lärmmindererpaneelen **110** dar. Obwohl zwei Leitungen dargestellt sind, könnten nur eine einzige Leitung oder mehr als zwei Leitungen beispielsweise in Abhängigkeit von Faktoren, wie z.B. der gewünschten Größe des Systems und der Vermischung der Einlasszapfluftwärme, verwendet werden. Wie durchgängig durch die Figuren dargestellt, sind die erste und zweite Leitung **100**, **105** im Wesentlichen einander gleich, wobei aber Unterschiede auf der Basis der Anforderungen eines speziellen Designs vorgesehen sein könnten. Ein Vorteil, der in der Praxis einiger Ausführungsformen der beschriebenen Systeme und Techniken realisiert werden kann, besteht darin, dass die Anzahl von Leitungen minimiert werden kann, um Kosten und Komplexität des Systems zu reduzieren, während eine angemessene Zumischung der Einlasszapfluftwärme erreicht wird. Dieses steht im Gegensatz zu einigen herkömmlichen Systemen, die eine Leitung für jedes Lärmmindererpaneel **120** erfordern.

[0067] Fig. 8 ist eine vereinfachte Ansicht, aufgenommen aus einer Richtung einer Kante der Lärmmindererpaneele **110** rechtwinklig zu der Einlassluftströmungsrichtung und rechtwinklig zu der ersten Leitung **100** (nur die erste Leitung **100** ist dargestellt, aber die zweite Leitung **105** und andere Leitungen könnten vorgesehen sein). In dieser Ansicht sind nur ein IBH-Strahl **125** und eine einzelne Öffnung **120** zur Vereinfachung dargestellt. **Fig.** 8 veranschaulicht, wie die Öffnung **120** im Wesentlichen zu einer

Mitte des Zwischenraums zwischen zwei benachbarten Lärmmindererpaneelen **110** ausgerichtet ist. Diese Ausgestaltung führt dazu, dass der IBH-Strahl **125** in einen Luftspalt zwischen den Paneelen **110** injiziert wird, der einen Bereich maximaler Geschwindigkeit (zumindest lokal) der Einlassluft aufweist. Selbst wenn die Öffnung **120** stromabwärts von den Lärmmindererpaneelen **110** angeordnet ist, tritt der IBH-Strahl **125** bei oder nahezu bei Schallgeschwindigkeit aus und wandert stromaufwärts, um in den Bereich zwischen den Lärmmindererpaneelen injiziert zu werden, wo die zwei Ströme beginnen, sich zu vermischen, und die Einlasszapfluftwärme schließlich ihre Strömungsrichtung umkehrt und von dem Einlassluftstrom nicht mehr unterscheidbar ist. Ein Vorteil, der in der Praxis einiger Ausführungsformen der beschriebenen Systeme und Techniken realisiert werden kann, besteht darin, dass die Einlassabzapfluftwärme in einen Bereich maximaler Geschwindigkeit und/oder Turbulenz injiziert wird, was zu einer verbesserten Vermischung in Bezug auf einen Teil der des Standes der Technik führt.

[0068] Fig. 9 zeigt eine isometrische Ansicht des in **Fig.** 8 dargestellten Systems.

[0069] Fig. 10 veranschaulicht das in **Fig.** 8 dargestellte System stromabwärts in Richtung zu den Lärmmindererpaneelen **110** und den Öffnungen **120** blickend. Wie in **Fig.** 10 ersehen werden kann, sind alle von den Öffnungen **120** im Wesentlichen zwischen zwei Lärmmindererpaneelen **110** dergestalt ausgerichtet, dass die Einlasszapfluftwärme zwischen die Lärmmindererpaneele **110** injiziert werden kann, wobei alle Lärmmindererpaneele **110** im Wesentlichen parallel zueinander sind. **Fig.** 10 veranschaulicht zwei Öffnungen **120** auf jeder von der ersten und zweiten Leitung **100**, **105** in jedem Spalt zwischen den Lärmmindererpaneelen **110**. Somit kann jede von der ersten und zweiten Leitung eine Anzahl von Öffnungen **120** haben, die ein ganzzahliges Vielfaches einer Anzahl von Zwischenräumen zwischen den Lärmmindererpaneelen **110** ist. Obwohl mit Paaren von Öffnungen **120** dargestellt, könnten nur eine einzige Öffnung **120** oder mehr als zwei Öffnungen **120** dort vorgesehen sein, wo jedes Paar dargestellt ist. Wenn zwei oder mehrere Öffnungen **120** an jeder dargestellten Stelle vorgesehen sind, kann sich die Einlasszapfluftwärme relativ rascher verteilen und/oder vermischen, als wenn eine einzige Öffnung vorgesehen ist, was zu einer relativ kürzeren Strecke führen kann, um eine vollständige Vermischung zwischen der Einlasszapfluftwärme und der Einlassluft zu erreichen.

[0070] Fig. 11 ist ähnlich zu **Fig.** 8 mit der Ausnahme, dass die erste Leitung **100** (und/oder die nicht sichtbare zweite Leitung **105**) zwischen dem stromaufwärtigen und dem stromabwärtigen Ende der Lärmmindererpaneele **110** angeordnet sind. Alternativ könnten nur die Öffnungen **120** zwischen einem stromaufwärtigen und einem stromabwärtigen Ende der Lärmmindererpaneele **110** angeordnet sein, wobei ein Teil der oder die gesamte erste Leitung **100** außerhalb der Erstreckung der Lärmmindererpaneele **110** angeordnet sein kann. Somit veranschaulicht **Fig.** 11, dass die erste Leitung **100** überall hin dergestalt verschoben werden könnte, dass sich die Öffnungen **120** zwischen dem stromaufwärtigen und dem stromabwärtigen Ende der Lärmmindererpaneele **110** befinden. Ein Vorteil, der in der Praxis einiger Ausführungsformen der beschriebenen Systeme und Techniken realisiert werden kann, besteht darin, dass, wenn die erste Leitung **100** und/oder die zweite Leitung **105** so angeordnet sind, dass sich die Öffnungen **120** zwischen den Lärmmindererpaneelen **110** befinden, Schallstrahlengeräuschunterdrückungen realisiert werden können. Ein Vorteil, der in der Praxis einiger Ausführungsformen der beschriebenen Systeme und Techniken realisiert werden kann, besteht darin, dass eine zusätzliche Vermischungslänge zwischen den Lärmmindererpaneelen **110** erreicht werden kann.

[0071] Fig. 12 ist ähnlich der **Fig.** 11 mit der Ausnahme, dass die Ansicht senkrecht zu einer Seite der Lärmmindererpaneele **110** ausgerichtet ist.

[0072] Fig. 13 zeigt eine weitere Ausgestaltung. Hier befindet sich die erste Leitung **100** stromaufwärts in Bezug auf eine Vorderkante der Lärmmindererpaneele **110**. Ähnlich den vorstehend dargestellten Ausgestaltungen befinden sich die Öffnungen **120** (nur eine ist zur Vereinfachung dargestellt) im Wesentlichen mittig zwischen zwei Lärmmindererpaneelen **110**, um den Vorteil der zwischen den Lärmmindererpaneelen **110** erzeugten, relativ hohen Geschwindigkeit zu nutzen.

[0073] Fig. 14 veranschaulicht die Ausgestaltung von **Fig.** 13 mit einer Ansicht ähnlich der von **Fig.** 12. In dieser Ausgestaltung sind die Öffnungen **120** in Paaren dergestalt dargestellt, dass sich jeder einzelne IBH-Strahl **125** unter einem Winkel in Bezug auf die Einlassluftströmungsrichtung befindet. Wie vorstehend erläutert, könnten eine oder mehr als zwei Öffnungen **120** an jeder Stelle vorgesehen sein. Die Öffnungen **120** können unter jedem beliebigen Winkel ausgerichtet sein, um den Vorteil der zwischen den Lärmmindererpaneelen **110** erzeugten höheren Geschwindigkeit zu nutzen.

[0074] Fig. 8–**Fig.** 14 veranschaulichen exemplarische Stellen der ersten und zweiten Leitung **100**, **105**, welche im weiteren Sinne als stromaufwärts vor einer Vorderkante der Lärmmindererpaneele **110** (**Fig.** 13 und **Fig.** 14) oder stromabwärts von einer Vorderkante der Lärmmindererpaneele **110** (**Fig.** 8–**Fig.** 12) befindlich kategorisiert werden können. Ob sich die erste und zweite Leitung **100**, **105** stromaufwärts oder

stromabwärts von der Vorderkante befindet, kann einen relativen Winkel der Öffnungen **120** beeinflussen. Wenn sich die erste und die zweite Leitung **100**, **105** stromaufwärts von der Vorderkante der Lärmmindererpaneele **110** befinden, können eine oder mehrere Öffnungen **120** einen Winkel in Bezug auf die Lufteinlassströmungsrichtung, z.B. einen Winkel von 45° bis 90°, ausbilden. Wenn sich die erste und die zweite Leitung **100**, **105** stromabwärts von der Vorderkante der Lärmmindererpaneele **110** befinden, können die eine oder mehreren Öffnungen **120** einen Winkel in Bezug auf die Einlassströmungsrichtung, z.B. einen Winkel von 15° bis 60°, ausbilden. In jeder Ausgestaltung können die Öffnungen **120** dergestalt ausgerichtet sein, dass die IBH-Strahlen **125** in einer Ebene parallel zur Ebene der Lärmmindererpaneele **110** ausgerichtet sind. Ein Vorteil, der in der Praxis einiger Ausführungsformen der beschriebenen Systeme und Techniken realisiert werden kann, ist der, dass ein Winkel der IBH-Strahlen **125** in Bezug auf die Einlassluftströmungsrichtung auf der Basis einer Lage der ersten und zweiten Leitung **100**, **105** optimiert werden kann.

[0075] Fig. 15–**Fig.** 18 veranschaulichen eine Modellierung, die von dem vorliegenden System und von dem Stand der Technik (siehe **Fig.** 16) durchgeführt wurde.

[0076] Fig. 15 veranschaulicht einen einzelnen Strömungskanal **130** zwischen zwei Lärmmindererpaneelen **110**. Die Lärmmindererpaneele **110** sind hälftig für das Fluidmodell durchgeschnitten, so dass ein einzelner Kanal modelliert werden konnte. Ein entsprechender Abschnitt der ersten Leitung **100** ist ebenfalls dargestellt.

[0077] Zwei Konfigurationen wurden modelliert. Die erste Konfiguration, dargestellt in **Fig.** 16, veranschaulicht IBH-Strahlen **125**, die rechtwinklig zu einer Richtung eines Einlassluftstroms ausgerichtet sind, gemäß dem Stand der Technik. Die zweite Konfiguration, dargestellt in **Fig.** 17, veranschaulicht zwei IBH-Strahlen **125**, die in die Richtung des Luftstroms gerichtet sind. Jeder von den IBH-Strahlen ist unter einem Winkel von ca. 15° (entgegengesetzt zueinander) in Bezug auf die Einlassluftströmungsrichtung ausgerichtet.

[0078] Fig. 18 stellt die Ergebnisse des numerischen Fluiddynamik-(CFD)-Modells dar. Die Temperatur des Einlassstroms wurde auf –45 °F festgelegt. Der Einlasszapfluftstrom wurde auf 6 % des Gesamtstroms und auf 632,5 °F festgelegt. ΔL zeigt die Differenz der Vermischungslänge zwischen den zwei in den **Fig.** 16 und **Fig.** 17 dargestellten Konfigurationen, wobei die obere Aufzeichnung der **Fig.** 16 entspricht und die untere Aufzeichnung der **Fig.** 17 entspricht. Ein Vorteil, der in der Praxis einiger Ausführungsformen der beschriebenen Systeme und Techniken realisiert werden kann, ist eine viel kürzere Vermischungsstrecke. Die kürzere Vermischungsstrecke kann durch Optimierung der Ausrichtung der IBH-Strahlen **125** erreicht werden. Beispielsweise beträgt die Strecke **500** in **Fig.** 24 Fuß, während die Strecke **505** in **Fig.** 2 15 Fuß beträgt, was eine Streckenreduktion von ca. 37,5 % in einer exemplarischen Implementierung ausmacht.

[0079] Wie aus **Fig.** 18 ersehen werden kann, wird bei einer Konfiguration gemäß der vorliegenden Offenbarung eine Zumischung der Einlasszapfluftwärme stromabwärts von dem Lärmminderer (an den oder in der Nähe der Öffnungen **120**) initiiert, setzt sich in dem Lärmminderer und stromaufwärts von den Öffnungen fort und kann etwas stromabwärts von dem Lärmminderer, im Wesentlichen an der durch ΔL bezeichneten Linie in dem unteren Bild, als abgeschlossen betrachtet werden.

[0080] Obwohl die Erfindung in Verbindung mit dem beschrieben wurde, was derzeit als die praktikabelste und bevorzugteste Ausführungsform betrachtet wird, dürfte es sich verstehen, dass die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsformen beschränkt ist, sondern im Gegenteil verschiedene Modifikationen und äquivalente Anordnungen, die in dem Rahmen und Umfang der beigefügten Ansprüche enthalten sind, abdecken soll.

[0081] Ein Einlasssystem für eine Gasturbine enthält: einen Einlassluftkanal; einen in dem Einlassluftkanal angeordneten Lärmminderer, wobei der Lärmminderer mehrere Paneele mit Zwischenräumen zwischen den Paneelen enthält; und eine Leitung mit Öffnungen, die zur Injektion von Einlasszapfluftwärme in jeden von den Zwischenräumen angeordnet sind. Ein Verfahren zum Konditionieren von Einlassluft für eine Gasturbine enthält ein Strömenlassen von Luft durch Zwischenräume zwischen Paneelen eines Lärmminderers in einem Einlassluftkanal der Gasturbine und Injizieren von Einlasszapfluftwärme durch Öffnungen hindurch und in jeden von den Zwischenräumen hinein.

Bezugszeichenliste

10	Verbrennungsturbinenmaschine
35	Einlasssammelraum
55	Einlasssystem
60	Wetterhaube
65	Einlassfilterhaus
70	Einlassluftkanal
75	erster Endabschnitt
80	zweiter Endabschnitt
85	Zwischenabschnitt
90	Lärmminderer
95	Einlasszapflufterwärmungssystem
100	erste Leitung
105	zweite Leitung

110 Lärmmindererpaneel
115 IBH-Leitungen
120 Öffnung
125 IBH-Strahlen
130 einzelner Strömungskanal
500 Strecke
505 Strecke

Patentansprüche

1. Einlasssystem für eine Gasturbine, wobei das System aufweist:
einen Einlassluftkanal;
einen in dem Einlassluftkanal angeordneten Lärmminderer, wobei der Lärmminderer mehrere Paneele mit Zwischenräumen zwischen den Paneelen aufweist; und
eine Leitung mit Öffnungen, die zur Injektion von Einlasszapfluftwärme in jeden der Zwischenräume angeordnet sind.

2. System nach Anspruch 1, wobei die Öffnungen zwischen einem stromaufwärtigen Ende und einem stromabwärtigen Ende der Paneele angeordnet sind; und/oder wobei jede von den Öffnungen entlang der Leitung im Wesentlichen an einem Mittelpunkt zwischen zwei Paneelen der mehreren Paneele angeordnet ist.

3. System nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Öffnungen ausgerichtet sind, um die Einlasszapfluftwärme mit einer ersten positiven Geschwindigkeitskomponente entgegengesetzt zu einer Richtung eines Einlassluftstroms durch die Paneele zu injizieren; und/oder wobei die Öffnungen ausgerichtet sind, um die Einlasszapfluftwärme mit einer zweiten positiven Geschwindigkeitskomponente rechtwinklig zu der Richtung eines Einlassluftstroms durch die Paneele zu injizieren.

4. System nach einem beliebigen der vorstehenden Ansprüche, wobei die Paneele im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sind und die Leitung im Wesentlichen senkrecht zu den Paneelen ausgerichtet ist, wobei das System vorzugsweise ferner eine zweite Leitung im Wesentlichen parallel zu und im Wesentlichen gleichartig wie die Leitung aufweist.

5. System nach einem beliebigen der vorstehenden Ansprüche, wobei die Öffnungen dimensioniert sind, um die Einlasszapfluftwärme bei Schallgeschwindigkeit zu injizieren; und/oder wobei eine Anzahl der Öffnungen ein ganzzahliges Vielfaches einer Anzahl der Zwischenräume beträgt.

6. System nach einem beliebigen der vorstehenden Ansprüche, wobei die Öffnungen angeordnet sind, um die Einlasszapfluftwärme derart zu injizieren, dass die Einlasszapfluftwärme aufgrund des Einlassluftstroms durch die Zwischenräume die Strömungsrichtung in den Zwischenräumen verändert.

7. Kraftwerk, aufweisend:
eine Gasturbine, wobei die Gasturbine einen Verdichter, ein Verbrennungssystem und ein Turbinensystem enthält;
eine mechanische oder elektrische Last; und
ein Einlasssystem für die Gasturbine, wobei das Einlasssystem aufweist:
einen Einlassluftkanal;
einen in dem Einlassluftkanal angeordneten Lärmminderer, wobei der Lärmminderer mehrere Paneele mit Zwischenräumen zwischen den Paneelen enthält; und
eine Leitung mit Öffnungen, die zur Injektion von Einlasszapfluftwärme in jeden der Zwischenräume angeordnet sind.

8. Verfahren zum Konditionieren von Einlassluft für eine Gasturbine, wobei das Verfahren aufweist:
Strömenlassen von Luft durch Zwischenräume zwischen Paneelen eines Lärmminderers in einem Einlassluftkanal der Gasturbine und
Injizieren von Einlasszapfluftwärme durch Öffnungen und in jeden der Zwischenräume, wobei die Öffnungen angeordnet sind, um mit den Zwischenräumen ausgerichtet zu sein.

9. Verfahren nach Anspruch 8, das ferner ein Veranlassen, dass sich eine Richtung, in die die Einlasszapfluftwärme strömt, aufgrund des Einlassluftstroms durch die Zwischenräume verändert, und/oder ein Umkehren der Strömungsrichtung der Einlasszapfluftwärme in den Zwischenräumen nach dem Verlassen der Öffnungen aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, das ferner ein initiiertes Zumischen der Einlasszapfluftwärme stromabwärts von dem Lärmminderer, fortgesetztes Zumischen in dem Lärmminderer und stromaufwärts von den Öffnungen aufweist und vorzugsweise ferner ein Abschließen der Zumischung stromabwärts von dem Lärmminderer aufweist.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

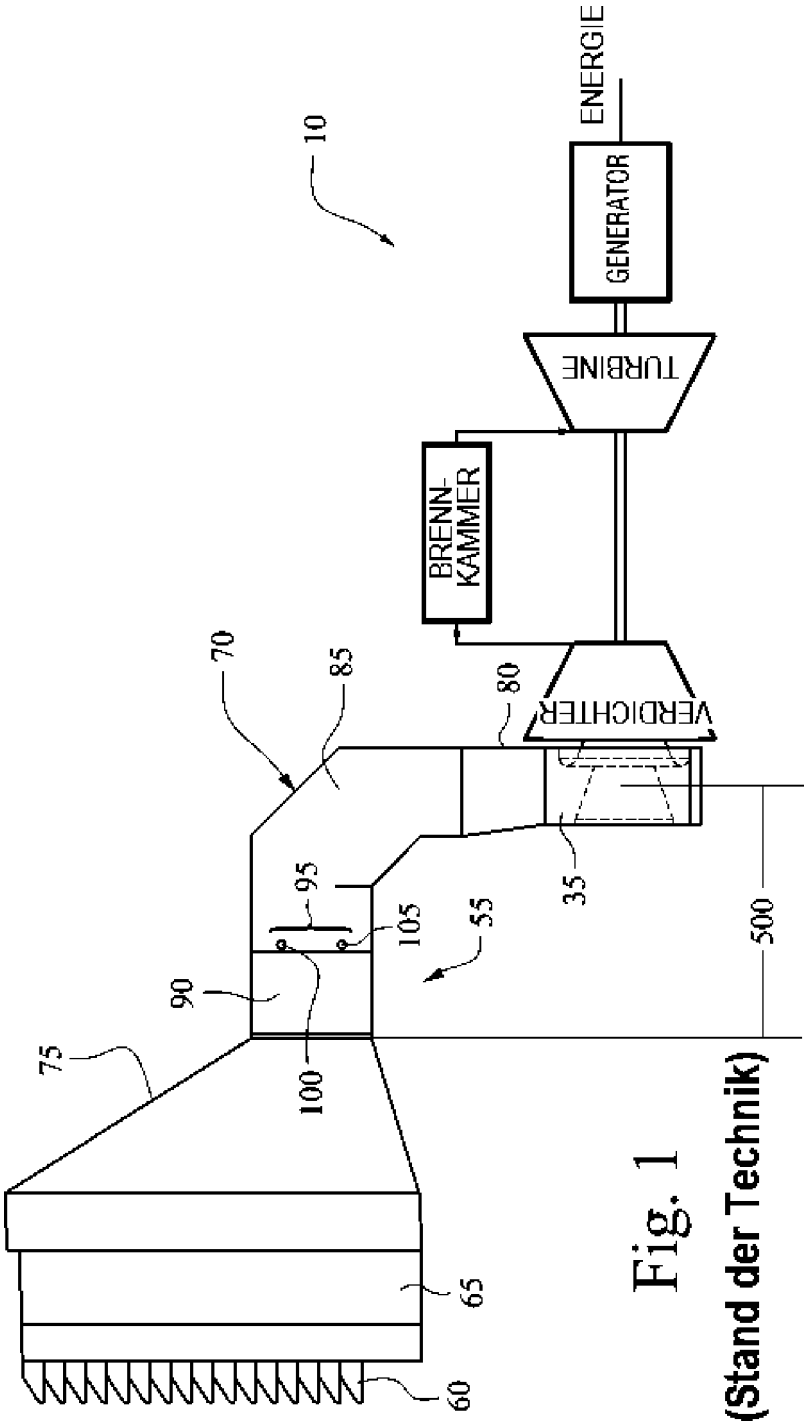


Fig. 1
(Stand der Technik)

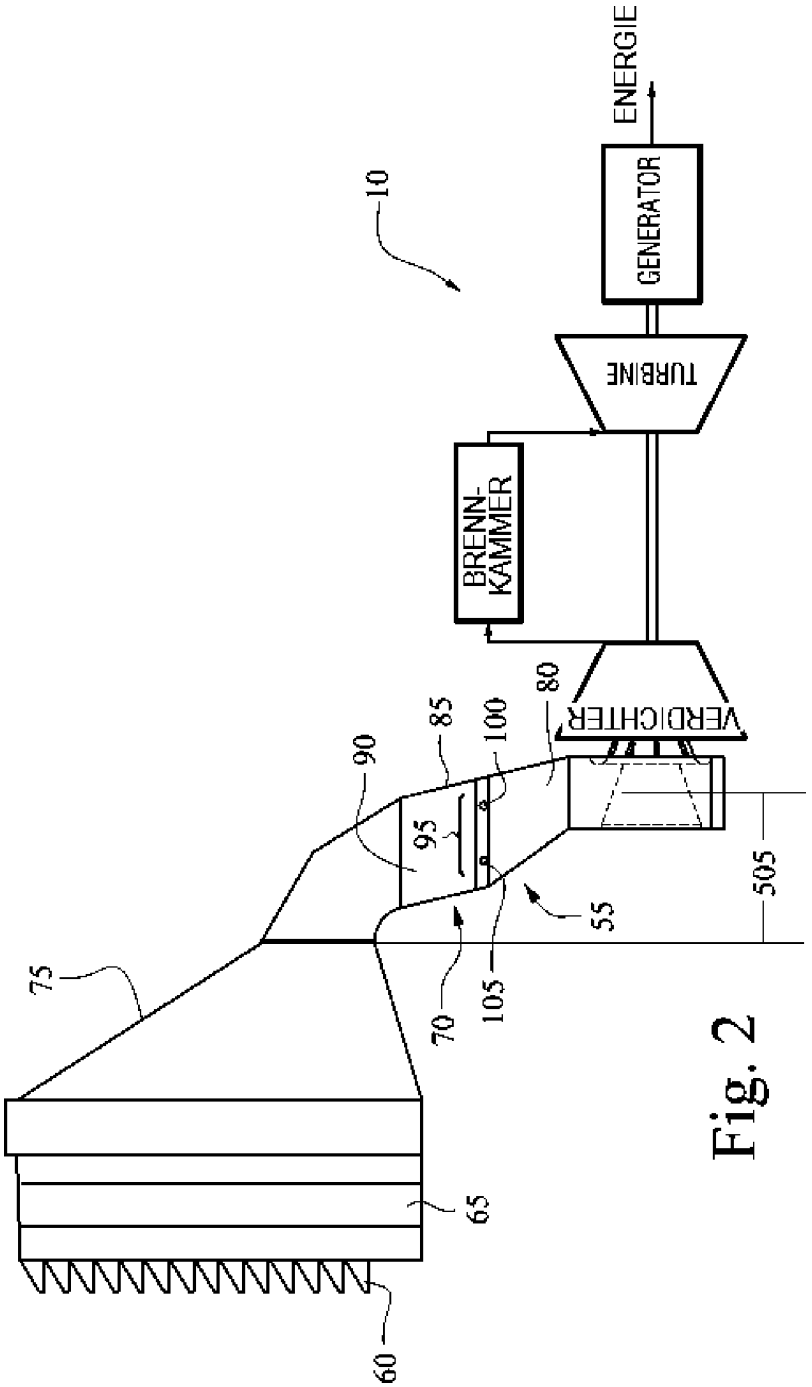

ENERGIE
GENERATOR
TURBINE
BRENN-KAMMER
VERDICHTER
10
80
85
100
90
95
505
55
75
70
105
65
60

Fig. 2

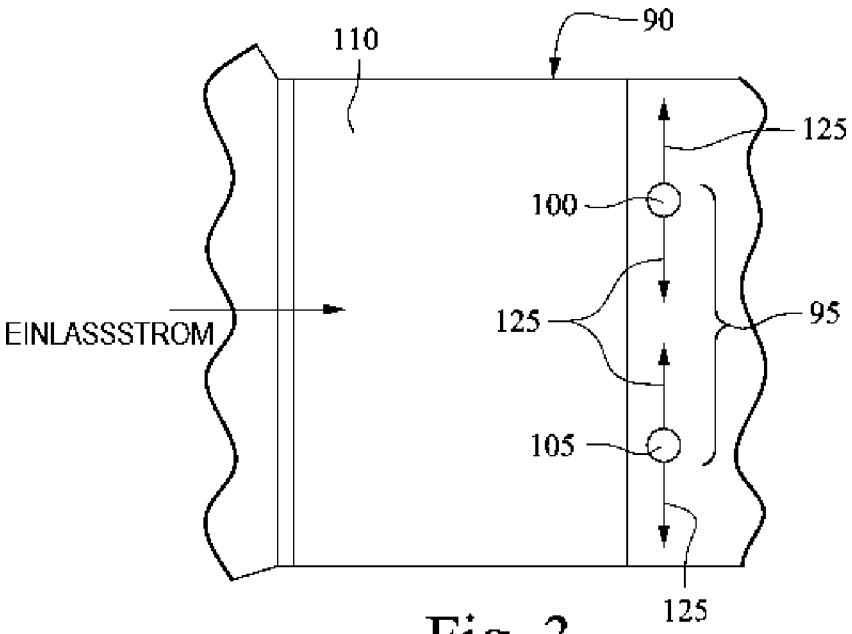


Fig. 3
(STAND DER TECHNIK)

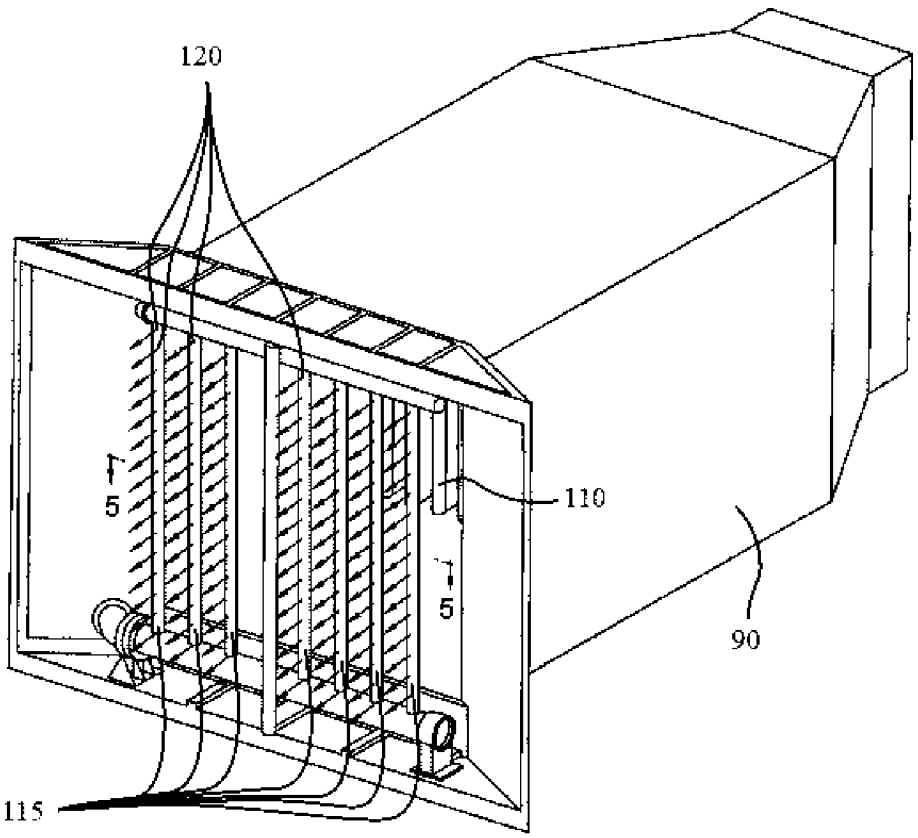


Fig. 4
(STAND DER TECHNIK)

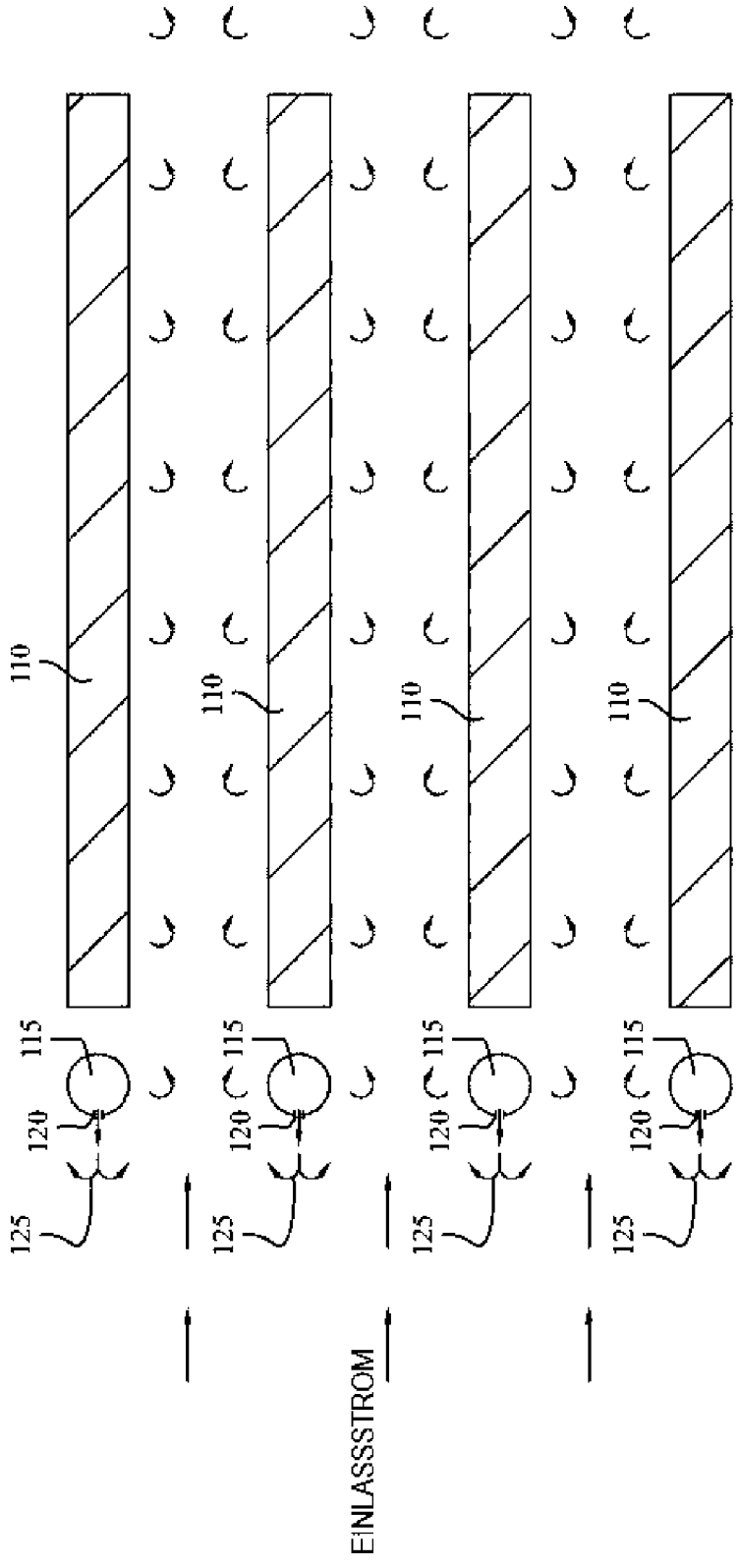


Fig. 5
(STAND DER TECHNIK)

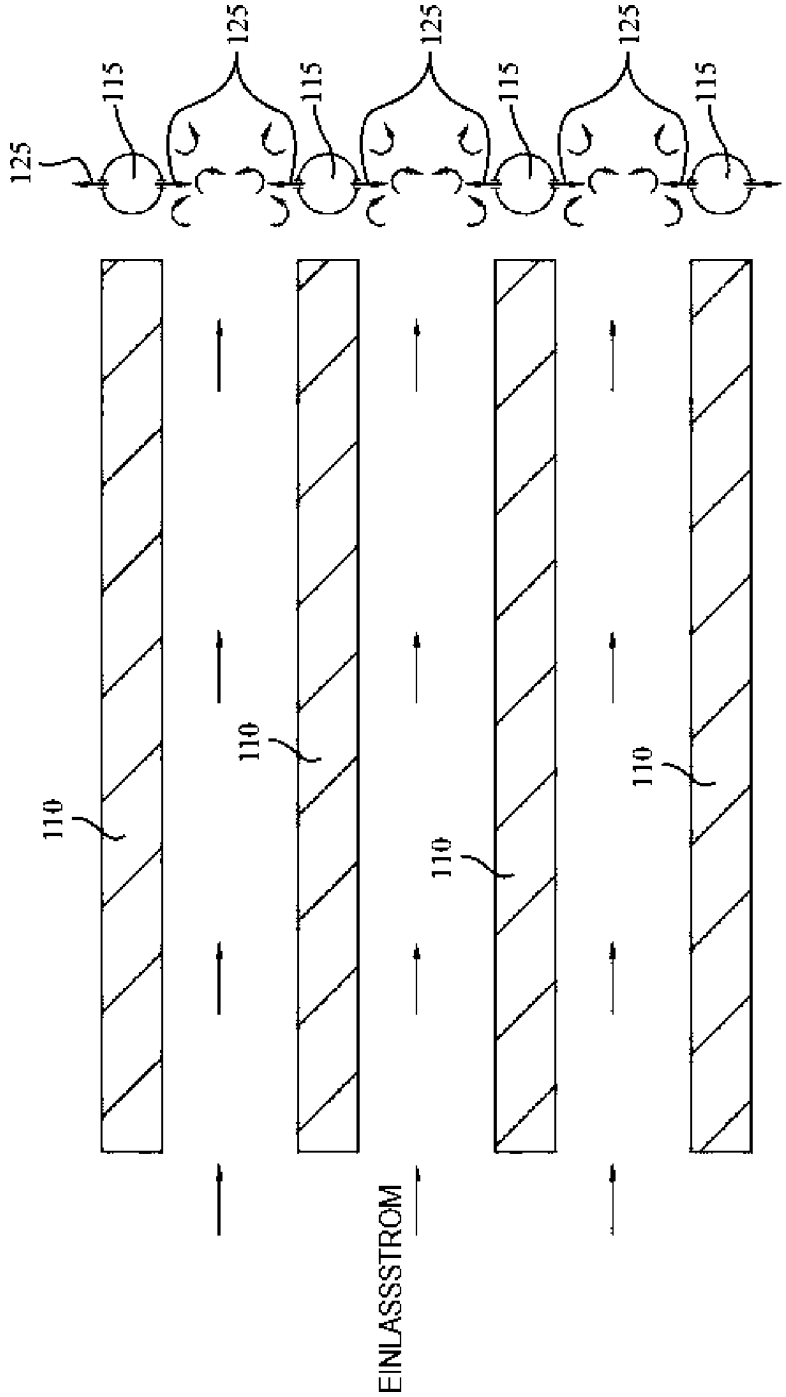


Fig. 6
(STAND DER TECHNIK)

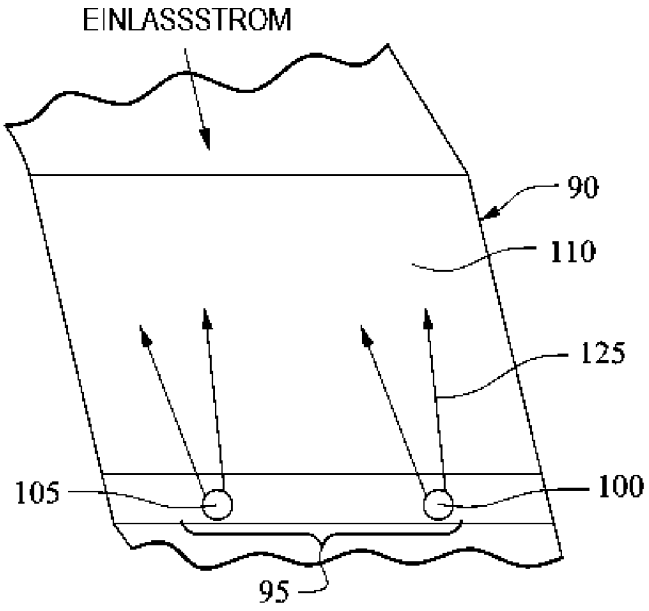

EINLASSSTROM
90
110
125
105
100
95

Fig. 7

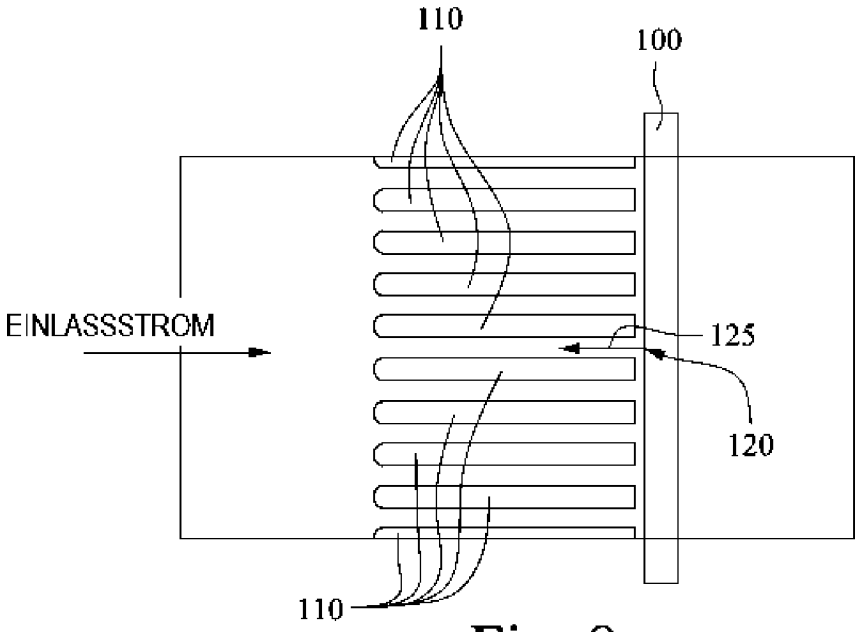

110
100
EINLASSSTROM
125
120
110

Fig. 8

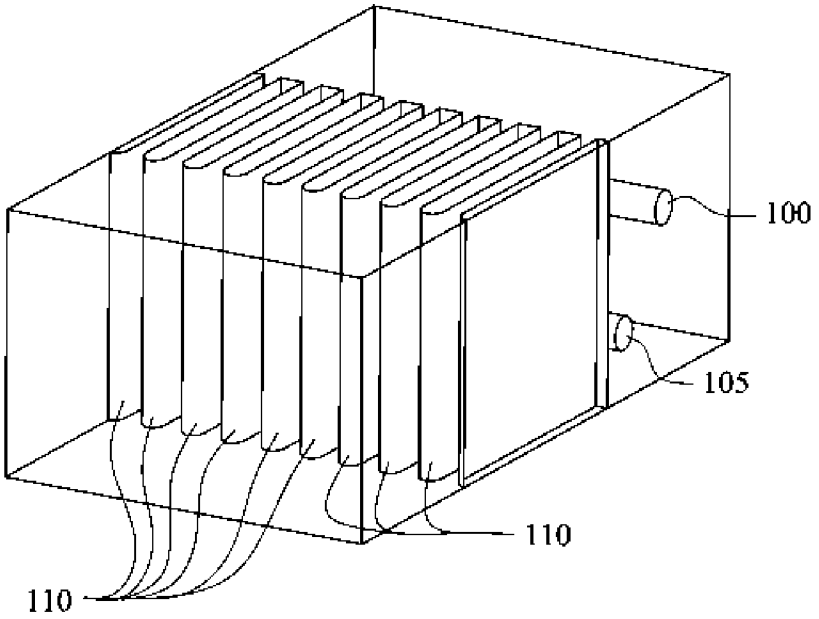

100
105
110
110

Fig. 9

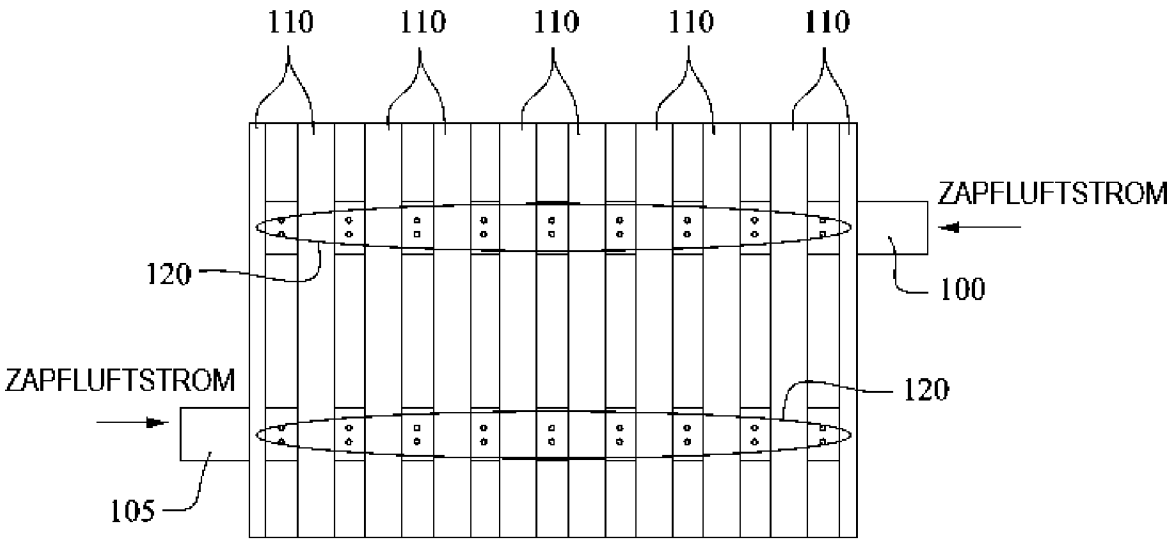

110
110
110
110
110
ZAPFLUFTSTROM
120
100
ZAPFLUFTSTROM
120
105

Fig. 10

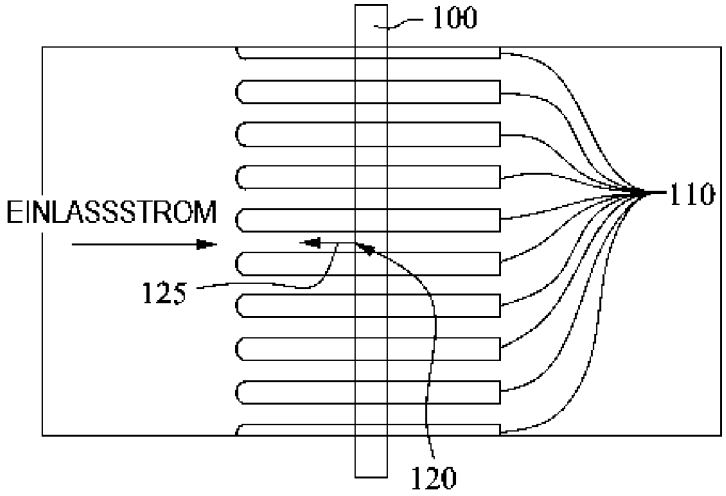

100
EINLASSSTROM
110
125
120

Fig. 11

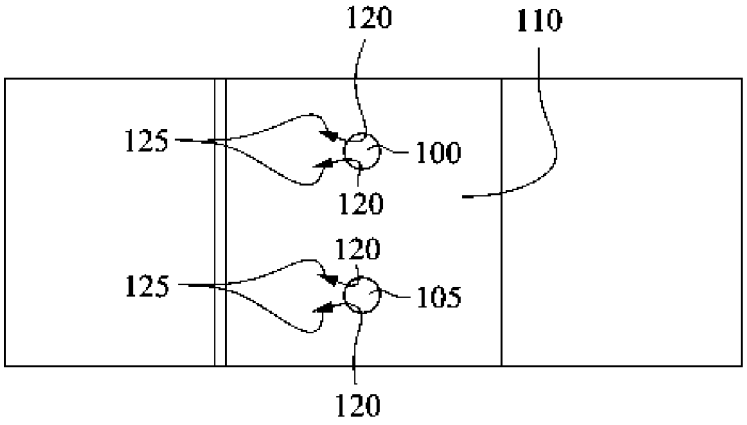

120
110
125
100
120
120
125
105
120

Fig. 12

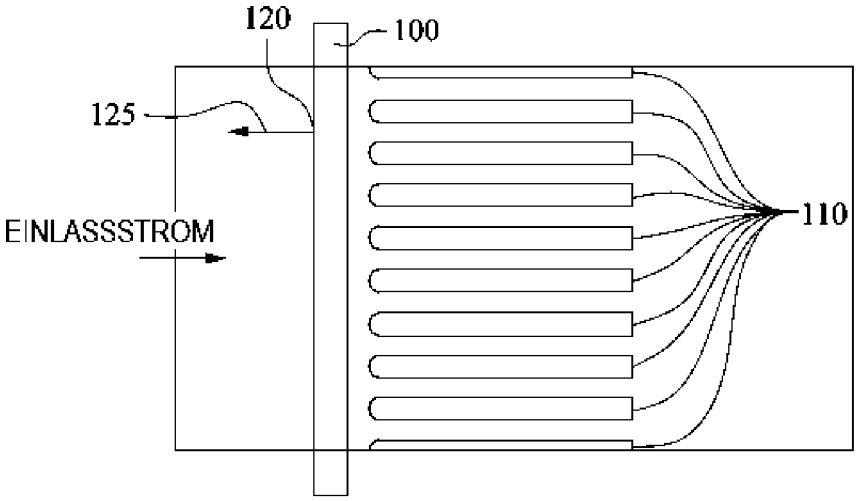


Fig. 13

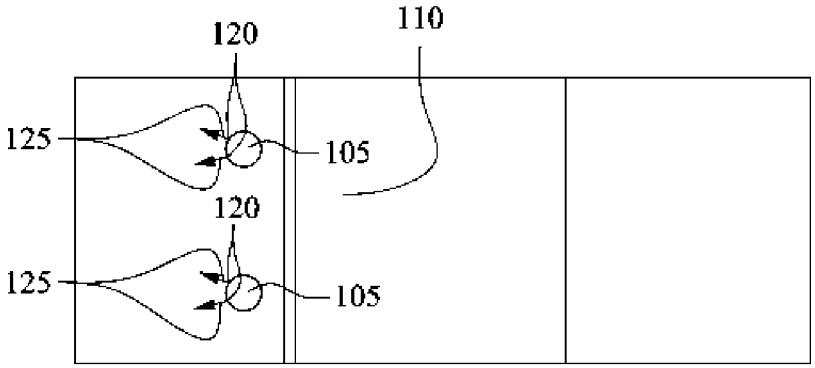


Fig. 14

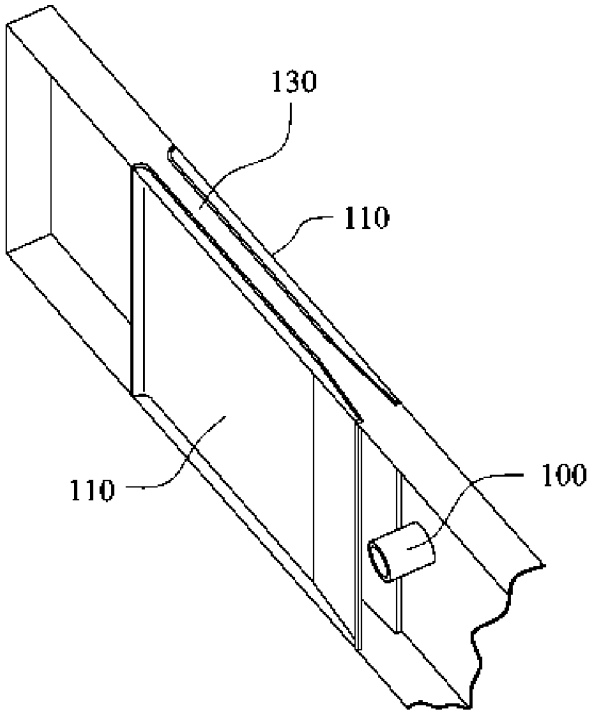


Fig. 15

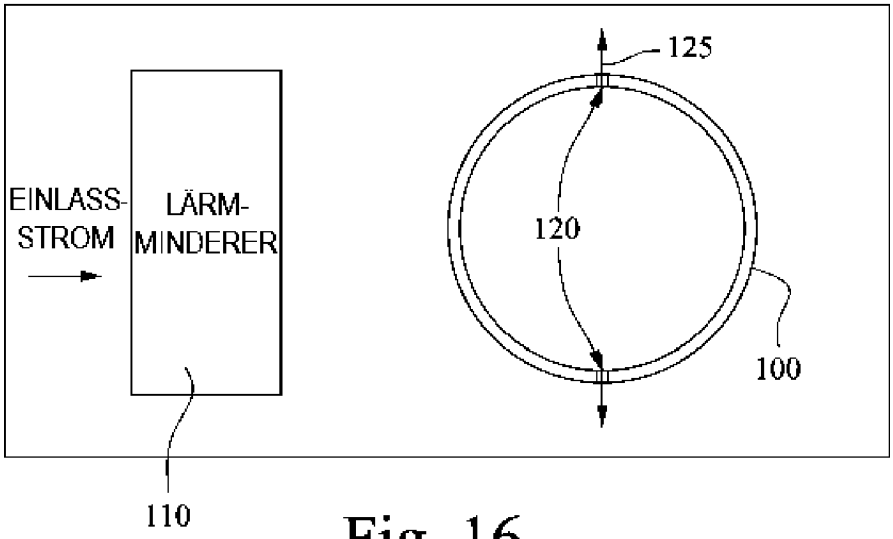


Fig. 16

(STAND DER TECHNIK)

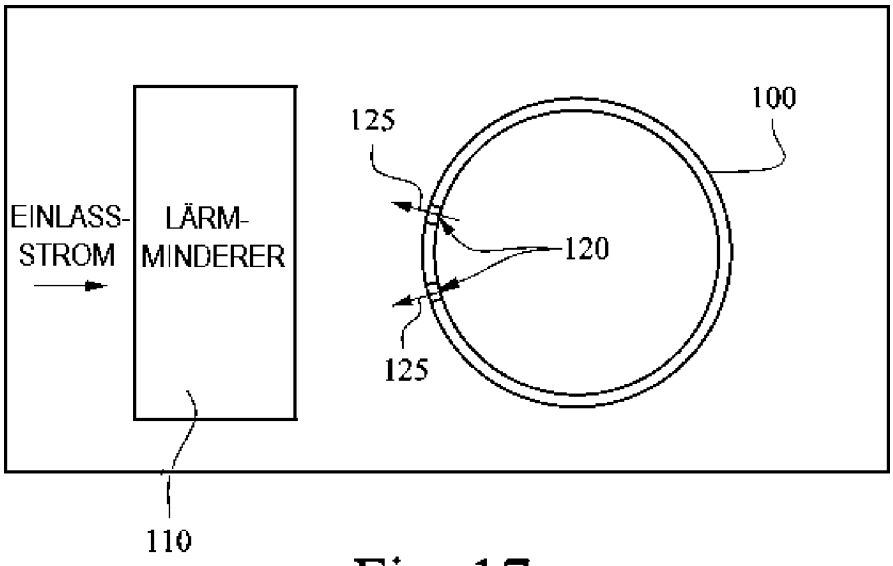
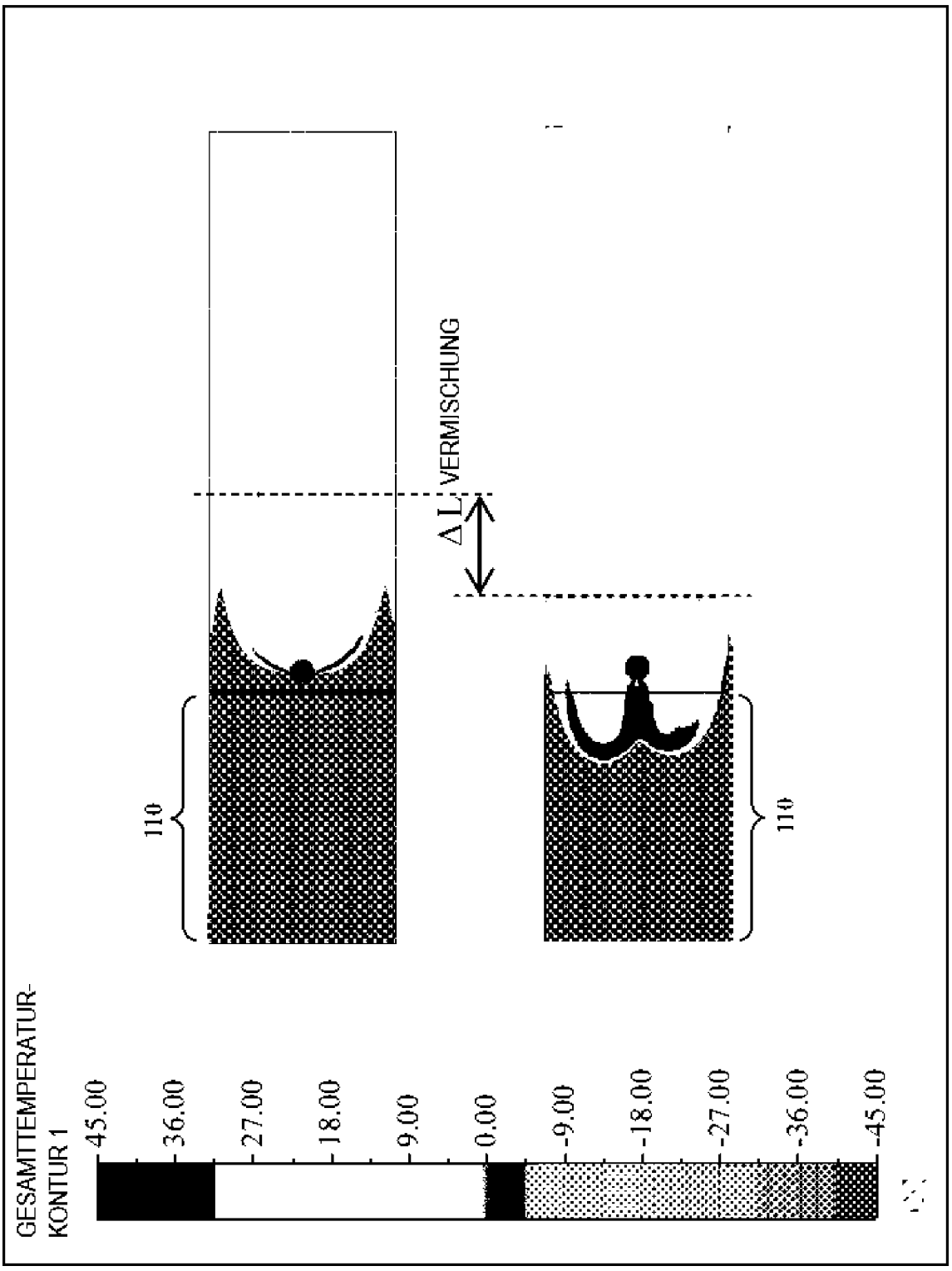


Fig. 17

Fig. 18


GESAMTTEMPERATUR-
KONTUR 1
45.00
36.00
27.00
18.00
9.00
0.00
-9.00
-18.00
-27.00
-36.00
-45.00
110
110
ΔL VERMISCHUNG