



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.05.2019 Patentblatt 2019/19

(51) Int Cl.:
F01D 1/08 (2006.01) F01D 25/30 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18209322.9**

(22) Anmeldetag: **30.12.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **30.12.2010 DE 202010017157 U**
30.12.2010 DE 102010056557

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
11802969.3 / 2 659 093

(71) Anmelder: **Duerr Cyplan Ltd.**
Berkshire RG7 8NN (GB)

(72) Erfinder: **ECKERT, Frank**
7356 Bad Lobenstein (DE)

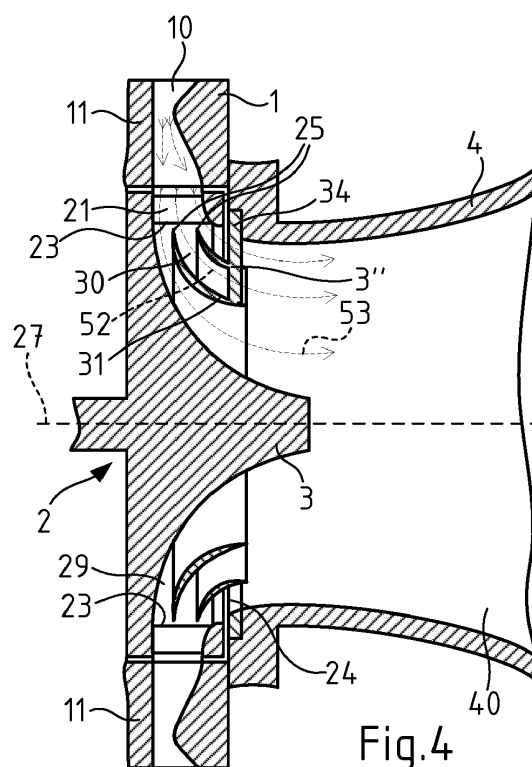
(74) Vertreter: **Gauss, Nikolai et al**
Pfiz/Gauss Patentanwälte PartmbB
Tübingerstraße 26
70178 Stuttgart (DE)

Bemerkungen:
Diese Anmeldung ist am 29-11-2018 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **STRÖMUNGSMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Radialturbine mit einem Gehäuse (1,4,11), das einen Gehäusekanal (10) für das Einströmen von Arbeitsmedium aufweist und einen Diffusor (4) mit einem Kanal (40) für das Ausströmen von Arbeitsmedium umfasst, wobei in dem Gehäuse (1, 4, 11) ein an einer um eine Rotationsachse (27) drehbaren Laufradwelle aufgenommenes Laufrad (2) positioniert ist, wobei an dem Laufrad mehrere Schaufeln (21) angeordnet sind, die Schaufelkanäle (20) bilden, die eine der Rotationsachse (27) zugewandte Schaufelkanalöffnung (23) für das Durchströmen von Arbeitsmedium zu dem Kanal (40) für das Ausströmen von Arbeitsmedium haben, wobei der Kanal (40) für das Ausströmen von Arbeitsmedium eine lauftradseitige Öffnung (24) hat, wobei das Arbeitsmedium durch einen von der Schaufelkanalöffnung (23) der Schaufelkanäle (20) zu der lauftradseitigen Öffnung (24) des Kanals (40) für das Ausströmen von Arbeitsmedium erstreckten Zwischenbereich (29) geführt ist, und wobei für das Umlenken von durch den Zwischenbereich (29) strömendem Arbeitsmedium ein Leitkörper (3, 3', 3'') vorgesehen ist, der aus dem Zwischenbereich (29) in den Kanal (40) für das Ausströmen von Arbeitsmedium erstreckt ist. Erfindungsgemäß hat der Gehäusekanal (10) für das Einströmen von Arbeitsmedium eine Engstelle und ist lauftradseitig erweitert, damit das eingeströmte Arbeitsmedium Überschallgeschwindigkeit erreichen kann, und der Leitkörper (3) zu der Rotationsachse (27) des Laufrads (2) koaxial angeordnet ist. Die Erfindung betrifft auch eine Anlage zur Durchführung eines Organic-Rankine-Kreisprozesses

mit einer solchen Strömungsmaschine.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Radialturbine, mit einem Gehäuse, das einen Gehäusekanal für das Einstromen von Arbeitsmedium aufweist und einen Diffusor mit einem Kanal für das Ausströmen von Arbeitsmedium umfasst, wobei in dem Gehäuse ein an einer um eine Rotationsachse drehbaren Laufradwelle aufgenommenes Laufrad positioniert ist, wobei an dem Laufrad mehrere Schaufeln angeordnet sind, die Schaufelkanäle bilden, die eine der Rotationsachse zugewandte Schaufelkanalöffnung für das Durchströmen von Arbeitsmedium zu dem Kanal für das Ausströmen von Arbeitsmedium haben, wobei der Kanal für das Ausströmen von Arbeitsmedium eine lauftradseitige Öffnung hat, wobei das Arbeitsmedium durch einen von der Schaufelkanalöffnung der Schaufelkanäle zu der lauftradseitigen Öffnung des Kanals für das Ausströmen von Arbeitsmedium erstreckten Zwischenbereich geführt ist und wobei für das Umlenken von durch den Zwischenbereich strömendem Arbeitsmedium ein Leitkörper vorgesehen ist, der aus dem Zwischenbereich in den Kanal für das Ausströmen von Arbeitsmedium erstreckt ist.

[0002] Eine derartige Radialturbine ist z. B. aus der GB 492,144 A bekannt.

[0003] Die Erfindung betrifft außerdem eine Energieumwandlungsanlage, die zur Bereitstellung von mechanischer Energie von einem Kreisprozess Gebrauch macht, bei dem ein Arbeitsmedium mit Hilfe einer thermischen Strömungsmaschine (Turbine) thermodynamisch nahezu isentrop entspannt wird.

[0004] Eine als Radialturbine ausgebildete Strömungsmaschine gemäß dem Stand der Technik ist in der Fig. 1 gezeigt. Die Fig. 1 ist eine Schnittansicht eines Abschnitts einer herkömmlichen Dampfturbine in Form einer Radialturbine, die für eine Dampfströmung unterhalb der Schallgeschwindigkeit (Unterschallströmung) ausgelegt ist. Bei einer Radialturbine strömt das entsprechende Arbeitsmedium in radialer Richtung bezüglich einer Rotationsachse eines Laufrads und beaufschlagt die Schaufel am Rande dieses Laufrads.

[0005] Bei Axialturbinen hingegen wird das Arbeitsmedium in axialer Richtung bezüglich einer Rotationsachse des Laufrads eingeströmt. Bei der in der Fig. 1 gezeigten Turbine sind von der radialen in die axiale Richtung mit einem Winkel um 90° verlaufende Schaufelein- und -austrittskanten ausgebildet.

[0006] Die als Radialturbine ausgebildete Strömungsmaschine der Fig. 1 hat ein im Wesentlichen ruhendes Turbinengehäuse 110, in dem ein Turbinenrad 120 (Laufrad) angeordnet ist. Das Laufrad 120 umfasst eine Mehrzahl an (mitrotierenden) Schaufeln, wobei in Fig. 1 stellvertretend eine Schaufel 121 dargestellt ist. Ein gasförmiges Arbeitsmedium, beispielsweise Abgas aus einer Brennkraftmaschine, strömt durch einen Einstromungskanal bzw. durch einen Düsenkanal 100 des Turbinengehäuses 110 gemäß eines Richtungspfeils 151 und treibt das Laufrad 120 an. Hierzu wird das strömende

Arbeitsmedium zunächst im Düsenkanal 110 beschleunigt und entlang einer Schaufel 121 umgelenkt, wobei die Kanten der Schaufel einerseits im Bereich eines Arbeitsmediumseintritts parallel zur Rotationsachse des Laufrads 120 ausgerichtet sind und an einem Arbeitsmediumaustritt 153 in radiale Richtung weisen. Das Arbeitsmedium wird dabei entlang seines gesamten Strömungsweges im Laufrad zwischen Schaufeln 121 geführt.

[0007] Das Laufrad 120 der Strömungsvorrichtung (Turbine) gemäß Fig. 1 ist grundsätzlich ähnlich wie das Laufrad eines Verdichters gestaltet, bei dem das durch die Schaufeln getriebene Arbeitsmedium in einer entgegengesetzt zur Darstellung gemäß Fig. 1 orientierten Richtung einströmt. Entsprechend kann die Strömung in einem Betriebszustand als Verdichter innerhalb der Schaufeln des Laufrades von innen nach außen derart umgelenkt werden, dass sie nach dem Austritt aus den Schaufelkanälen am Arbeitsmediumaustritt axial zum Laufrad verläuft. Diese Bauart von Schaufelrädern bzw. Beschaukelung ist für Arbeitsmedium- bzw. Dampfgeschwindigkeiten unterhalb der Schallgeschwindigkeit gut geeignet.

[0008] Bei Radialturbinen gemäß dem Stand der Technik, mit Laufrädern, in denen die Strömung entlang ihrer Beschaukelung um 90° umgelenkt wird, ergeben sich Schwierigkeiten, wenn Dampfströmungen ihre Schallgeschwindigkeit erreichen.

[0009] Ein besonderes Problem besteht darin, dass Radialturbinen für Überschallströmungen mit parallelen und axial zur Welle ausgerichteten Schaufeln zur Wirbelbildung führen und dadurch an Effektivität verlieren.

[0010] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine mit Überschallströmung betreibbare Radialturbine anzugeben, mit der ein höherer Wirkungsgrad und eine verbesserte Strömungsführung ermöglicht wird.

[0011] Des Weiteren ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Anlage zur Energiewandlung, insbesondere zur Durchführung eines Kreisprozesses, insbesondere eines sogenannten Organic-Rankine-Kreisprozesses, zur Verfügung zu stellen, deren Wirkungsgrad insbesondere im Bereich des enthaltenen Entspannungsvorgangs verbessert ist.

[0012] Der Organic-Rankine-Kreisprozess (ORC) ist ein Verfahren zur Energieumwandlung, bei dem aus einer Wärmequelle zum Betrieb von Dampfturbinen ein anderes Arbeitsmedium als Wasserdampf verwendet wird. Als Arbeitsmedium werden meistens organische Flüssigkeiten mit einer niedrigeren Verdampfungstemperatur ($T_{\text{verd}} < 100^\circ\text{C}$), selten mit einer höheren Verdampfungstemperatur verwendet. Das Verfahren kommt in Energieerzeugungs- und Energieumwandlungsanlagen vorwiegend dann zum Einsatz, wenn das zur Verfügung stehende Temperaturgefälle zwischen Wärmequelle und Wärmesenke zu niedrig für den Betrieb einer von Wasserdampf angetriebenen Turbine ist.

[0013] Diese Aufgabe wird zum einen gelöst durch eine Strömungsmaschine mit den Merkmalen des Patentspruchs 1 sowie zum anderen durch eine Anlage mit

den Merkmalen des Patentanspruchs 15.

[0014] Eine solche erfindungsgemäße Radialturbine ist in der deutschen Gebrauchsmusteranmeldung DE 20 2010 017 157.1 mit der Gebrauchsmusterschrift DE 20 2010 017 157 U1 und der am 30.12.2010 angemeldeten deutschen Patentanmeldung DE 10 2010 056 557.1 beschrieben, auf die hiermit Bezug genommen und deren Offenbarungen in die Beschreibung dieser Erfindung in vollem Umfang einbezogen wird.

[0015] Eine erfindungsgemäße Radialturbine hat ein Gehäuse mit einem Einströmungskanal. In dem Gehäuse ist ein auf einer Welle drehbar gelagertes Laufrad angeordnet, das mehrere, von dem Arbeitsmedium anströmbare Schaufeln aufweist.

[0016] Eine Besonderheit einer erfindungsgemäßen Radialturbine ist, dass für eine Umlenkung des aus einem Schaufelkanal ausströmenden Arbeitsmediums in Richtung des Austrittskanals ein Leitkörper mit mindestens einem Umlenkelement im Zwischenbereich zwischen dem Schaufelkanalaustritt und dem Austrittskanal vorgesehen ist. Vorzugsweise strömt das Arbeitsmedium zunächst über den Einströmungskanal in radialer Richtung bezogen auf eine Rotationsachse des Laufrades in das Laufrad ein. Die Schaufeln des Laufrades bilden dabei ein mit dem Laufrad rotierendes, in Umfangsrichtung des Laufrades unterteiltes Gitter, in dem das Arbeitsmedium insbesondere in Umfangsrichtung umgelenkt und in radialer Richtung in das Innere des Laufrades geleitet wird. Bevorzugt sind zwischen den radial äußeren Kanten der Schaufeln rechteckige Eintrittsöffnungen von mehreren Schaufelkanälen und zwischen den radial innenliegenden Kanten der Schaufeln rechteckige Austrittsöffnungen von mehreren Schaufelkanälen gebildet. Dabei sind die Eintritts- und Austrittsöffnungen eines Schaufelkanals erfindungsgemäß jeweils in Ebenen angeordnet, die zueinander parallel sind oder einen spitzen Winkel zueinander aufweisen. Weiter bevorzugt ist der erfindungsgemäße (mitrotierende) Zwischenbereich derart im Inneren des Laufrades angeordnet, dass er zumindest abschnittsweise von den Austrittsöffnungen mehrerer Schaufelkanäle ringförmig umgeben ist.

[0017] Der Leitkörper weist bevorzugt ein Umlenkelement in Form einer einstückig mit der Laufradwelle ausgeführten Tragstruktur mit rotationshyperboloider oder kegelförmiger Außenkontur (Laufradkegel) auf, die an ihrer Außenseite zur Strömungsumlenkung dient. Der Leitkörper weist ferner ein ringförmiges Umlenkelement in Form einer Kreisringstruktur auf, die zumindest abschnittsweise in den Zwischenraum eingesetzt ist. Erfindungsgemäß kann ein Leitkörper mit allen Teilabschnitten drehfest mit dem Laufrad verbunden sein. Alternativ kann ein Leitkörper sowohl mit dem Laufrad verbundene mitdrehende als auch mit dem Gehäuse verbundene unbewegte Umlenkelemente aufweisen.

[0018] Mit der Anordnung von Umlenkelementen innerhalb des Schaufelrades wird erfindungsgemäß eine Ablösung der Strömung und ein damit verbundener Druckverlust unmittelbar nach dem Schaufelrad mini-

miert. Die Wirkung eines gegebenenfalls nachgeschalteten Diffusors zur zusätzlichen Effizienzerhöhung wird verbessert. Dies wird erfindungsgemäß besonders dann erreicht, wenn durch wenigstens ein ringförmiges Umlenkelement der aus den Austrittsöffnungen mehrerer Schaufelkanäle (Schaufelkanalaustritte) austretende Strom an Arbeitsmedium nochmals in mehrere voneinander getrennte Teilströme unterteilt wird. Erfindungsgemäß ergeben sich dabei insbesondere in (bezogen auf das Laufrad) axialer Richtung voneinander getrennte Teilströme, die mittels unterschiedlicher Konturen an Vorder- und Rückseite eines Umlenkelements unterschiedlich geführt werden können.

[0019] Weiterhin kann ein in den Zwischenraum eingreifendes ringförmiges Umlenkelement über einen Befestigungsring am Gehäuse der Radialturbine festgelegt sein. Der Befestigungsring ist dann bevorzugt als scheibenförmige, durchströmbare Gitterstruktur mit radial verlaufenden Speichen ausgeführt. In diesem Fall wird die auf das Schaufelrad wirkende axiale Kraft reduziert, welche aus der Richtungsänderung der Strömung resultiert.

[0020] In einer Ausgestaltung der Erfindung strömt das Arbeitsmedium über einen sich erweiternden Einströmungskanal in (bezogen auf die Rotationsachse des Laufrads) radialer Richtung in das Laufrad ein. Eine Engstelle ist für den Strom des Arbeitsmediums im Bereich des Einströmungskanals vorgesehen, um im Bereich des Einströmungskanals Überschallgeschwindigkeit erreichen zu können.

[0021] Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weist der Leitkörper ein Umlenkelement mit einer ersten und einer zweiten ringförmigen Kante auf, wobei die erste ringförmige Kante des Umlenkelements benachbart zu dem Schaufelkanalaustritt positioniert ist und wobei die zweite ringförmige Kante benachbart zu dem Diffusorkanaleintritt positioniert ist. Hierdurch wird eine vorteilhafte Abströmung des Arbeitsmediums von dem Laufrad erzielt. Die Folge ist, dass damit eine Wirbelbildung im Austrittsbereich der Strömungsvorrichtung bzw. im Diffusoreintrittsbereich verhindert wird.

[0022] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das Umlenkelement derart ausgebildet, dass die erste Kante eine Anströmkante ist und in (bezogen auf das Laufrad) radialer Richtung weist, wobei die zweite Kante eine Abströmkante ist und in die gleiche Richtung wie die Rotationsachse weist, so dass damit das aus dem Schaufelkanal ausströmende Arbeitsmedium von der radialen in die axiale Richtung umgelenkt wird. Hierdurch wird der Wirkungsgrad der Strömungsmaschine verbessert. Vorzugsweise weist der Leitkörper mehrere zueinander beabstandete Umlenkelemente auf.

[0023] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Umlenkelement eine dem Laufrad zugewandte und eine dem Laufrad abgewandte Seite. Das Umlenkelement ist hier derart positioniert, dass es von dem Arbeitsmedium beidseitig umströmt werden kann. Entsprechend ergeben sich beiderseits des Umlenkelements ringförmige Kanäle für das Arbeitsmedium. Weiter

bevorzugt ist das ringförmige Umlenkelement näherungsweise allseitig von Arbeitsmedium umströmbar angeordnet. Weiter bevorzugt weist das ringförmige Umlenkelement zumindest abschnittsweise eine tropfen-, halbmond- oder tragflügelförmige Querschnittsgeometrie auf. Hierdurch erfolgt eine vorteilhafte Umlenkung des Arbeitsmediums im Bereich des Laufrads. Damit wird ein besonders effizienter Betrieb der Strömungsvorrichtung ermöglicht.

[0024] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist der Leitkörper mehrere voneinander beabstandete Umlenkelemente auf, die zusammen ein durchströmbares Gitter mit ringförmigen Kanälen bilden. Damit wird der Gesamtstrom des Arbeitsmediums in mehrere ringförmige Teilströme unterteilt. Innerhalb eines solchen Gitters aus Umlenkelementen kann der Gesamtstrom wirksam umgelenkt werden, wobei die gebildeten einzelnen Teilströme unterschiedlichen Behandlungen unterzogen werden können, indem die Konturen der Umlenkelemente voneinander unterschiedlich gestaltet werden. Auf den Umlenkelementen können wiederum weitere Strömungsleitelemente wie Turbulenzpromotoren, Oberflächenbeschichtungen oder dergleichen angeordnet sein. Derselbe Effekt kann grundsätzlich auch bei Verwendung nur eines Umlenkelements erreicht werden.

[0025] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind die voneinander beabstandeten Umlenkelemente derart positioniert, dass deren den Schaufeln des Laufrades zugewandte Kanten in axialer Richtung einen axialen Abstand aufweisen. Zugleich weisen die den Schaufeln des Laufrades zugewandte Kanten wenigstens näherungsweise den gleichen (Außen-)Durchmesser auf, der wiederum um maximal 10% kleiner ist als ein (gemeinsamer) Durchmesser der inneren Kanten der Laufradschaufeln. Somit wird eine nennenswerte Vereinigung der aus den Schaufelkanälen austretenden Teilströme des Arbeitsmediums unterbunden. Vielmehr werden die in Umfangsrichtung des Laufrades separierten Teilströme im Leitkörper nochmals in (bezogen auf das Laufrad) axialer Richtung unterteilt. Dies kann selbstverständlich auch bei Verwendung nur eines Umlenkelements erreicht werden.

[0026] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind die voneinander beabstandeten Umlenkelemente derart positioniert, dass deren in Richtung der Rotationsachse des Laufrads weisenden Kanten einen unterschiedlichen radialen Abstand bezüglich der Rotationsachse des Laufrads aufweisen. Damit werden unterschiedliche Teilströme des Arbeitsmediums mit unterschiedlichem radialem Abstand in einen nachgeschalteten Diffusor entlassen und unerwünschte Verwirbelungen minimiert.

[0027] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung sind an einer mit dem Laufrad verbundenen Welle mehrere Permanentmagneten und/oder Rotorwicklungen angeordnet, die mit mehreren benachbart angeordneten, die Welle umgreifenden Statorwicklungen einen elektrischen Generator bilden. Dementsprechend kann die

Strömungsmaschine als "Generatorturbine" zur Stromerzeugung verwendet werden.

[0028] Eine erfindungsgemäße Radialturbine kann insbesondere eine thermische Strömungsmaschine sein. Eine Idee der Erfindung ist es darüber hinaus, eine Radialturbine in einem Organic-Rankine-Kreisprozess zu verwenden.

[0029] Die Erfindung erstreckt sich deshalb auch auf eine Anlage für das Umwandeln von Energie mit einem Kreisprozess, in der eine erfindungsgemäße Radialturbine eingesetzt wird. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Radialturbine für eine Anlage für das Umwandeln von Energie in Form einer sogenannten ORC-Anlage. Als ORC-Anlage wird dabei eine Anlage bezeichnet, in der ein thermodynamischer Kreisprozess in Form eines "Organic Rankine Cycle" (ORC) durchgeführt wird, mit dem Wärme in mechanische Energie gewandelt werden kann.

[0030] Die einer erfindungsgemäßen ORC-Anlage zugeführte Wärme kann zum Beispiel aus einer Wärmequelle in Form einer Brennkraftmaschine aus einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage, aus einer Biomasse-Feuerungsanlage, aus einer Geothermie-Quelle oder aus einem Solarkraftwerk stammen. Mittels einer ORC-Anlage kann jede Form von Abwärme genutzt werden. Beispielsweise kann aus der Abwärme von Verbrennungsmotoren mittels einer ORC-Anlage zusätzlich elektrische Energie gewonnen werden.

[0031] Eine erfindungsgemäße ORC-Anlage kann einen Kondensator zur Verflüssigung eines Arbeitsmediums der Anlage, eine Pumpe, einen Verdampfer zur Verdampfung des Arbeitsmediums enthalten. In einer solchen Anlage gibt es eine dem Verdampfer nachgeschaltete Radialturbine, in der das Arbeitsmedium unter Entnahme von kinetischer Energie aus dem Kreislauf entspannt wird.

[0032] Die Pumpe bringt ein bei Normbedingungen flüssiges Arbeitsmedium auf Betriebsdruck. Nachfolgend durchströmt das noch flüssige Arbeitsmedium den Wärmetauscher (Verdampfer) oder auch ein Wärmetauschersystem, in dem thermische Energie beispielsweise aus einer der vorgenannten Quellen auf das Arbeitsmedium der ORC-Anlage übertragen wird. Durch den Energieeintrag verdampft das Arbeitsmedium bevorzugt vollständig. Am Austritt des Verdampfers entsteht dann Sattedampf bzw. Trockendampf. Durch den Energieeintrag im Verdampfer nehmen das spezifische Volumen und die Temperatur des Dampfes zu.

[0033] Der Dampf des Arbeitsmediums wird über eine erfindungsgemäße Strömungsvorrichtung in Form einer Turbine nahezu isentrop auf einen geringeren Druck entspannt. Das spezifische Volumen nimmt dann durch die Expansion in der Turbine zu. Diese Volumenvergrößerung, hervorgerufen durch die Druckdifferenz und die daraus resultierende Arbeit, wird als Volumenänderungsarbeit bezeichnet, welche die Turbine an ihren Schaufeln in mechanische Energie umwandelt.

[0034] Aus der Turbine strömt der Dampf gegebenen-

falls durch einen Regenerator, in dem ein Wärmeaustausch zwischen dem dampfförmigen Arbeitsmedium und dem von der Pumpe kommenden flüssigen Arbeitsmedium stattfindet (innerer Wärmeaustausch).

[0035] Das in der Turbine und ggf. im Regenerator auf Kondensationstemperatur gebrachte (noch dampfförmige) Arbeitsmedium gelangt in den nachgeschalteten Kondensator, in dem das Arbeitsmedium unter Abgabe von Niedertemperaturwärme rekondensiert wird. Die bei der Kondensation abgegebene Wärme wird bevorzugt noch über einen Kühlwasserkreislauf in ein Wärmenetz gespeist. Das Arbeitsmedium kondensiert aus und geht wieder vollständig in den flüssigen Aggregatzustand über. Die Speisepumpe (Pumpe) bringt nachfolgend das Arbeitsmedium auf Betriebsdruck und anschließend wieder in den Verdampfer. Damit schließt sich der Kreislauf.

[0036] Mit einer als Turbine in einer ORC-Anlage eingesetzten erfindungsgemäßen Strömungsvorrichtung kann insbesondere ein Generator angetrieben werden, der mit der Turbine aus thermischer Energie gewonnener mechanischer Energie elektrischen Strom erzeugt.

[0037] Eine solche ORC-Anlage mit einer erfindungsgemäßen Radialturbine kann sowohl für kleine und große Hausanlagen als auch für große industrielle Anlagen sowie für Kraftwerke eingesetzt werden. Als Hausanlagen sind dabei die Energieversorgungen, z. B. Klimatisierungsanlagen für Büros, Garagen, Krankenhäuser und alle Arten von Gebäuden zu verstehen. Industrielle Anlagen sind z. B. Fertigungsanlagen, insbesondere Fertigungsanlagen der Automobilindustrie, insbesondere Lackierereien, in denen ein ausgewogener Bedarf an Strom (aus mechanischer Energie) und Wärme auf unterschiedlichem Temperaturniveau benötigt wird.

[0038] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung mehrerer bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen.

[0039] Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgenden in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

[0040] Vorteilhafte Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine sind in der Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5a und Fig. 5b dargestellt und werden nachfolgend beschrieben.

[0041] Es zeigen:

Fig. 2 eine Schnittansicht einer Radialturbine für Überschallströmung mit einem Umlenkelement in Form eines Rotationshyperboloiden (Laufradkegel) zur Umlenkung der Strömung innerhalb des Laufrads;

Fig. 3 eine Schnittansicht eines Laufrads einer Ra-

dialturbine für Überschallströmung mit einem abschnittsweise in das Laufrad hineinragenden Leitkörper zur Verringerung der Wirbelbildung in einem nachgeschalteten Diffusor;

Fig. 4 eine Schnittansicht einer Strömungsvorrichtung mit hauptsächlich innerhalb des Laufrads liegenden Leitkörpern;

Fig. 5a in einer vergrößerten Schnittansicht einen Abschnitt der Strömungsvorrichtung nach Fig. 4; und

Fig. 5b eine Ansicht von Schaufeln des Laufrads der erfindungsgemäßen Strömungsvorrichtung aus Fig. 5a, die zur Verdeutlichung ihrer Geometrie quer zur Schaufelachse geschnitten gezeigt sind.

[0042] Fig. 2 zeigt abschnittsweise eine Schnittansicht einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine in Form einer Radialturbine mit einem im Wesentlichen ruhenden Turbinengehäuse 1, 4, 11, in dem ein Turbinenrad 2 (Laufrad) angeordnet ist. Das Turbinengehäuse 1, 4, 11 umfasst insbesondere einen Düsenring 1 sowie eine zugehörige Abdeckung 11. Die Abdeckung 11 und der Düsenring 1 sind bevorzugt als separate Baugruppen ausgeführt. Zwischen ihnen sind die Düsenkanäle 10 gebildet. Das Turbinengehäuse 1, 4, 11 umfasst einen Diffusor 4 mit einem Austrittskanal 40 für das Arbeitsmedium.

[0043] Das in dem Turbinengehäuse angeordnete Laufrad 2 umfasst eine Mehrzahl von (mitrotierenden) Schaufeln. In der Fig. 2 ist das Laufrad 2 mit einer Schaufel 21 gezeigt. Zwischen den Schaufeln des Laufrades 2 sind gerade oder gekrümmte Schaufelkanäle 20 ausgebildet, die einen im Wesentlichen rechteckigem Querschnitt haben. Die Schaufeln sind über eine Basis des Laufrades 2 sowie auf einer davon beabstandeten Seite über eine sogenannte Bandage 22 miteinander verbunden.

[0044] Ein dampfförmiges Arbeitsmedium, beispielsweise das Arbeitsmedium einer ORC-Anlage, strömt durch einen als Einströmungskanal wirkenden Düsenkanal 10 des Turbinengehäuses 11 gemäß eines Richtungspfeils 51. In dem Einströmungskanal 10 wird über eine entsprechende Düsengeometrie das strömende Arbeitsmedium beschleunigt, so dass an einer Engstelle Schallgeschwindigkeit erreicht, wobei das Arbeitsmedium vor einer Überleitung in das Laufrad 2 auf Überschallgeschwindigkeit gebracht werden kann.

[0045] Das dampfförmige Arbeitsmedium strömt aus dem Düsenkanal 10 und trifft auf die Schaufel 21, die derart ausgebildet ist, dass sowohl die angeströmte Kante als auch die in Abströmungsrichtung liegende Kante der Schaufel 21 und somit auch diese selbst parallel und axial zur Laufradwelle ausgerichtet sind. Der überwiegende Teil des Stromes 51 an Arbeitsmedium wird nach dem Passieren der Schaufeln 21 bzw. eines jeweiligen

Schaufelkanals zwischen mehreren Schaufeln 21 (und somit in einem sogenannten Zwischenbereich des Laufrades 2) auf Parallelität zur Rotationsachse des Laufrades umgelenkt (Pfeilrichtung 53). Hierzu ist erfindungsgemäß ein Leitkörper 3 in Form eines kegeligen Umlenkelements (Laufradkegel) vorgesehen, der bevorzugt als Rotationshyperboloid gestaltet ist. Dieses Umlenkelement kann optional einstückig mit dem Laufrad ausgeführt sein kann. Der Leitkörper 3 befindet sich in einem Zwischenbereich 29 zwischen dem Schaufelkanalausstritt 23 und der Eintrittsöffnung 24 in den von dem Diffusor 4 gebildeten Austrittskanal 40. Das als Laufradkegel ausgebildete Umlenkelement mit dem Leitkörper 3 ist dabei im Bereich seiner Basis in dem Zwischenbereich 29 innerhalb des Laufrades 2 angeordnet. Er wird abschnittsweise ringförmig von den Schaufelkanalausstritten 23 bzw. von den Schaufeln 21 des Laufrades umschlossen. Der Leitkörper 3 erstreckt sich in den von dem Diffusor 4 gebildeten Austrittskanal 40.

[0046] Der Laufradkegel bewirkt bei moderaten Strömungsgeschwindigkeiten eine weitgehend laminare Strömungsumlenkung. Bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten können Wirbel 54 entstehen.

[0047] Zur Verminderung des in Fig. 2 dargestellten Wirbelbildungseffektes kann durch die Positionierung von Leitkörpern in dem Abströmkanal bzw. in dem Diffusor 4 hinter dem Laufrad 2 eine Reduzierung der Wirbelbildung erzielt werden.

[0048] Eine weitere erfindungsgemäße Radialturbine ist in der Fig. 3 dargestellt, die im Wesentlichen gleichartig wie die Radialturbine gemäß Fig. 2 ausgeführt ist. Entsprechend kann auf die vorstehende Beschreibung zu Fig. 2 Bezug genommen werden. Entsprechend sind auch gleichartige Bauelemente und Funktionseinheiten mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die Radialturbine nach Fig. 3 umfasst neben einem ersten Umlenkelement in Form des mitrotierenden Laufradkegels ein zweites Umlenkelement 31 in Form eines gehäuseseitig montierten, ringförmigen Leitkörpers 3'. Der Leitkörper 3' greift bevorzugt in einen Zwischenbereich 29 des Laufrades 2 ein, der von den Laufradschaufeln 21 umgriffen wird. Dadurch kann der aus den Laufradschaufelkanälen austretende Strom an Arbeitsmedium frühzeitig in zwei ringförmige Teilströme aufgeteilt werden.

[0049] Der Leitkörper 3' weist eine erste und eine zweite ringförmige Kante 25, 26 auf. Die erste Kante 25 des Umlenkelements ist benachbart zu dem Schaufelkanalausstritt 23 innerhalb des Zwischenbereichs 29 positioniert. Die zweite Kante 26 ist benachbart zu der Eintrittsöffnung 24 innerhalb des Austrittskanals 40 angeordnet. Die erste Kante 25 wirkt dabei als eine Anströmkannte. Die zweite Kante 26 ist eine Abströmkannte. Das Umlenkelement 31 ist mit einer Leitkontur 28 ausgebildet, die sich von der ersten Kante 25 aus einer näherungsweise zu einer Rotationsachse 27 des Laufrades 2 radialen Richtung zu der zweiten Kante 26 in eine näherungsweise zu der Rotationsachse 27 des Laufrades 2 axiale Richtung erstreckt. Das aus dem Schaufelkanal

20 ausströmende Arbeitsmedium wird damit von dem Umlenkelement 31 aus einer im Wesentlichen radialen in eine im wesentlichen axiale Richtung umgelenkt. In modifizierten Ausführungsbeispielen können auch andere Strömungsrichtungen erzeugt werden, indem die Konturen der Umlenkelemente in die entsprechenden Richtungen orientiert werden.

[0050] Falls trotz der beschriebenen Maßnahmen Restwirbel 54 entstehen - beispielsweise bei besonders hohen Strömungsgeschwindigkeiten können erfindungsgemäß alternativ oder zusätzlich weitere Verbesserungen vorgesehen werden.

[0051] Insbesondere werden in ORC-Anlagen häufig Radialturbinen zur Umwandlung der Strömungsenergie des Arbeitsmediums in ein Drehmoment verwendet. Aufgrund der niedrigen Schallgeschwindigkeit in solchen Medien und der hohen Druckverhältnisse zwischen Ein- und Austritt des Dampfes in die Turbine liegt die Strömungsgeschwindigkeit des Dampfes im Laufrad der Turbine häufig oberhalb der Schallgeschwindigkeit. Auch die Austrittsgeschwindigkeit des Dampfes aus dem Laufrad liegt häufig noch über Mach 0,7. Unter Betrachtung des geometrisch vorgegebenen großen Unterschieds zwischen dem Krümmungsradius des Laufradkegels und der inneren Kante einer Bandage 22 über den Schaufeln 21 sowie durch die hohe Abströmgeschwindigkeit wird ein gleichmäßiges Abströmen des dampfförmigen Arbeitsmediums in Turbinen von ORC-Anlagen häufig verhindert.

[0052] In den Fig. 4, 5a und 5b sind Ausschnitte einer weiteren erfindungsgemäßen, als Radialturbine ausgebildeten Strömungsmaschine gezeigt, die einen Düsenring 1 mit einer Düsenabdeckung 11, ein in einem Gehäuse auf einer Welle gelagertes Laufrad 2, einen Einströmungskanal 10, einen Diffusor 4, mehrere am Laufrad 2 angeordnete Schaufeln 21, einen ersten gitterförmigen Leitkörper 3" und einen zweiten kegeligen Leitkörper 3 aufweist. Eine grundsätzliche Funktionsweise entspricht derjenigen der Radialturbine nach Fig. 2 bzw. Fig. 3, so dass auf die hierzu gemachten Ausführungen Bezug genommen werden kann.

[0053] Ein dampfförmiges Arbeitsmedium ist über den Einströmungskanal 10 zu einem Radeintritt des Laufrades gemäß eines Richtungspfeils 51 leitbar. Es trifft dort auf die Schaufel 21 und strömt zwischen den Schaufeln 21 in einen Schaufelkanal 20 gemäß eines Richtungspfeils 42 ein (Fig. 5b). Die Anströmung auf die Schaufel 21 erfolgt in radialer Richtung bezüglich einer Rotationsachse des Laufrades 2. Nach Durchströmung des Schaufelkanals 20 gelangt das Arbeitsmedium in einen Zwischenbereich 29 zwischen einem Schaufelkanalausstritt und einem dem Laufrad 2 nachgeschalteten Austrittskanal 40. In dem Zwischenbereich 29 nach dem Schaufelkanalausstritt und einem Diffusorkanaleintritt sind erfindungsgemäß der erste Leitkörper 3" und der zweite Leitkörper 3 positioniert, wobei beide Leitkörper bevorzugt auch abschnittsweise aus dem Zwischenbereich heraus in den Austrittskanal 40 ragen können.

[0054] Gemäß der Fig. 5a umfasst der erste Leitkörper 3" neben einem ebenfalls gitterförmigen, insbesondere mit radialen Speichen versehenen, durchströmbaren Befestigungsring 34 zwei kreisringförmige Umlenkelemente 31 und 32, wobei in alternativen Ausführungsbeispielen mehr als zwei Umlenkelemente verwendbar sind. Alternativ kann auch ein einzelnes kreisringförmiges Umlenkelement 31 vorgesehen sein. Die kreisringförmigen Umlenkelemente 31, 32 sind bevorzugt zusammen mit dem Befestigungsring 34 einstückig ausgeführt und bilden so den ersten Leitkörper 3", der auch als Strömungsgitter bezeichnet werden kann. Der so aufgebaute erste Leitkörper 3" wirkt mit dem zweiten Leitkörper 3 in Form des Laufradkegels zusammen: Beide Leitkörper 3, 3" teilen zusammenwirkend den Zwischenbereich 29 des Laufrads 2 zumindest abschnittsweise in voneinander separierte ringförmige Strömungskanäle auf.

[0055] Das Arbeitsmedium wird unmittelbar nach den Schaufeln 21 durch die Umlenkelemente 31 und 32 des ersten Leitkörpers 3" dementsprechend mehrfach aufgeteilt und zum überwiegenden Teil noch innerhalb des Schaufelrades 2 parallel zu dessen Rotationsachse gemäß eines Richtungspfeils 53 gelenkt.

[0056] Der erste Leitkörper 3" erstreckt sich zwischen einer ersten 25 und einer zweiten Kante 26 eines Umlenkelements 31 bzw. 32 und ist derart ausgebildet, dass die erste Kante benachbart zum Schaufelkanalaustritt positioniert ist, wobei die zweite Kante 26 benachbart zum Diffusorkanaleintritt 40 positioniert ist.

[0057] Das Umlenkelement 31, 32 ist derart ausgebildet, dass die erste Kante 25 als Anströmkante dient und in radialer Richtung zur Rotationsachse des Laufrades 2 weist, wobei die zweite Kante 26 eine Abströmkante ist und in die gleiche Richtung wie die Rotationsachse weist, so dass das aus dem Schaufelkanal 20 ausströmende Arbeitsmedium von einer radialen in eine näherungsweise axiale Richtung umgelenkt wird. Dabei weisen beide Umlenkelemente 31, 32 jeweils eine dem Laufrad 2 zugewandte und eine dem Laufrad 2 abgewandte Seite auf. Die Umlenkelemente 31, 32 sind insbesondere derart positioniert, dass sie vom Arbeitsmedium beidseitig umströmbar sind.

[0058] Infolgedessen wird das Arbeitsmedium nach dessen Austritt aus dem Schaufelkanal 20 derart in den Diffusorkanal 40 umgelenkt, dass ein Entlangströmen am Laufrad 2 optimiert wird.

[0059] Die Umlenkelemente 31 und 32 des ersten Leitkörpers 3" weisen bevorzugt halbmondförmige Querschnittskonturen auf, wobei deren Profil strömungsgünstig ausgestaltet ist. Die zum Laufrad 2 weisende erste Kante (ringförmige Anströmkante) weist radial vom Zentrum weg. Die auf der axialen Gegenseite befindliche zweite Kante (ringförmige Abströmkante) weist von der Laufradbasis 2 weg. Die Krümmung des Profils der Umlenkelemente ist so gestaltet, dass das Arbeitsmedium kontinuierlich parallel zur Rotationsachse des Laufrads 2 umgelenkt wird.

[0060] Werden bei dem Leitkörper 3" mehrere ringförmige Umlenkelemente 31, 32 verwendet, so weisen die

Abströmkanten dieser Umlenkelemente 31, 32 unterschiedliche Durchmesser bezüglich der Rotationsachse des Laufrads 2 auf, während es zweckmäßig ist, dass die Anströmkanten den gleichen Durchmesser bezüglich einer Rotationsachse des Laufrads 2 besitzen. Vorzugsweise sind die Anströmkanten möglichst dicht an den Austrittskanten der Schaufeln 21 positioniert. Hierzu ist es sinnvoll, dass die (im Wesentlichen gleichen) Durchmesser der Anströmkanten der Umlenkelemente 31, 32 einen Durchmesser aufweisen, der weniger als 10% kleiner ist als der Durchmesser desjenigen Kreises, den alle Austrittskanten der Schaufeln berühren.

[0061] Gemäß Fig. 5a weist jede Schaufel 21 am Schaufelkanalaustritt innerhalb des Laufrads 2 eine Schaufelhöhe 60 auf. Ein erster axialer Abstand 61 zwischen einer Oberfläche der Laufradbasis und der Anströmkante des (ersten) Umlenkelements 31 ist dabei kleiner als ein axialer Abstand zwischen der Anströmkante des (zweiten) Umlenkelements 32 und derselben Oberfläche der Laufradbasis, so dass zwischen den Anströmkanten beider Umlenkelemente 31, 32 ein axialer Abstand 62 vorhanden ist. Außerdem ist die Anströmkante des Umlenkelements 32 zur Bandage 22 durch einen axialen Abstand 63 beabstandet angeordnet.

[0062] Ferner sind die zueinander benachbarten Umlenkelemente 31, 32 derart positioniert, dass deren Abströmkanten 26 einen unterschiedlichen radialen Abstand bezüglich der Rotationsachse des Laufrads 2 aufweisen. Außerdem weisen die zu den Schaufeln des Laufrades weisenden Anströmkanten in axialer Richtung einen unterschiedlich axialen Abstand 61 bzw. Abstand 61+62 zur Laufradbasis auf.

[0063] Das Laufrad 2 ist der rotierende Teil der Strömungsmaschine bzw. der Radialturbine, der dem strömenden Arbeitsmedium Arbeit entzieht bei Verwendung der Strömungsmaschine als Turbine. Das Laufrad 2 ist mit einer nicht dargestellten Welle verbunden, über die erzeugte mechanische Energie abgeführt wird.

[0064] In dem Leitkörper 3 nachgeschalteten Diffusor 4 wird durch Erweiterung des Strömungsquerschnitts die Gasströmung verlangsamt und der statische Gasdruck erhöht. Der Diffusor 4 stellt im Prinzip die Umkehrung einer Düse dar.

[0065] Eine in Fig. 5a gezeigte Bandage 22 ist an den Schaufeln 21 angeordnet und dient dazu, das Laufrad 2 zu stabilisieren und in Form zu halten.

[0066] Der Leitkörper 3 bzw. die Umlenkelemente 31 bzw. 32 werden über Stege 33 vorzugsweise mit dem Turbinengehäuse oder dem Diffusor 4 der Turbine verbunden, so dass die aufgrund der Umlenkung des Arbeitsmediums wirkenden Kräfte nicht auf die Laufradwelle übertragen werden. Der Leitkörper 3 ist das Gegenstück zum bewegten Laufrad 2, wobei der Leitkörper 3 vorzugsweise fest mit dem Gehäuse bzw. am Diffusor 4 über die Stege 33 ausgebildet ist. Demnach bilden das Laufrad 2 und der Leitkörper 3 zusammen eine Stufe. Zur Befestigung der Umlenkelemente am Diffusor 4 ist

ein Befestigungsring 34 des Leitkörpers 3 am Diffusor-einlauf vorgesehen.

[0067] Es ist auch möglich, die Umlenkelemente 31 bzw. 32 an dem Laufrad 2 zu befestigen, so dass diese dann mitrotieren. Alternativ kann ein Umlenkelement am Laufrad und ein anderes am Gehäuse festgelegt sein.

[0068] Der Leitkörper 3" bzw. die Umlenkelemente 31 bzw. 32 in einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine sind aus einem (Edel-)Stahl hergestellt und werden mit zerspanenden Bearbeitungsverfahren gefertigt. Diese können allerdings grundsätzlich auch aus Metallguss (Aluminiumguss, Stahlguss, Grauguss) hergestellt werden.

[0069] Vorzugsweise wird die Strömungsmaschine als Radialturbine in einer ORC-Anlage verwendet zur Durchführung eines Organic-Rankine-Kreisprozesses.

[0070] Im Sinne der vorliegenden Erfindung wird als Strömungsmaschine insbesondere auch eine Turbinensystem bezeichnet, in dem ein dampfförmiges Arbeitsmedium unter einem Druck einströmt, in einem feststehenden Düsensystem, auch mit Leitbeschaufelung, entspannt und hierbei beschleunigt wird. Nach dem Düsen-system wird der Dampf darin durch ein rotierendes Schaufelsystem umgelenkt, eventuell weiter entspannt und gibt dabei seine Strömungsenergie über die Schaufeln an eine mit den Schaufeln verbundene bzw. gekoppelte Welle ab. Von dieser Welle wird die mechanische Rotationsenergie danach zu der weiteren Nutzung an einen Verbraucher oder eine Einrichtung für das Umwandeln von Energie übertragen. Beispielsweise können durch die Welle Einrichtungen für das Umwandeln von Energie in Form von Generatoren für die Stromerzeugung angetrieben werden.

[0071] Die Erfindung bewirkt mit einfachen und preiswerten Leitkörpern eine Effizienzerhöhung von Radialturbinen. Mit einer erfindungsgemäßen Strömungsmaschine kann so der Wirkungsgrad einer ORC-Anlage verbessert werden.

[0072] Zusammenfassend sind insbesondere folgende bevorzugte Merkmale der Erfindung festzuhalten: Eine Strömungsmaschine, insbesondere eine Turbine umfasst ein Gehäuse 1, 4, 11, welches zumindest einen Einströmungskanal 10 aufweist. Dabei sind an einem Laufrad 2 mehrere Schaufeln angeordnet, die von einem Arbeitsmedium anströmbar sind. Das Arbeitsmedium strömt dabei über den Einströmungskanal 10 in mindestens einen zwischen zwei am Laufrad 2 aufgenommenen Schaufeln 21 gebildeten Schaufelkanal 20 ein. Nach dem Austritt aus dem Laufradbereich tritt das Arbeitsmedium in einen Diffusor 4 ein. Dabei ist wenigstens ein Leitkörper 3, 3', 3" für eine Umlenkung des aus dem Schaufelkanal 20 ausströmenden Arbeitsmediums in Richtung des Diffusors 4 vorgesehen. Der Leitkörper in der Strömungsmaschine ist bevorzugt zumindest abschnittsweise in einem von den Laufradschaufeln in radialer Richtung umgebenen Zwischenbereich 29 des Laufrades positioniert, der zwischen einem Schaufelkanalaustritt 23 und einer Eintrittsöffnung 24 in einem dem Laufrad 2

nachgeschalteten von dem Diffusor 4 gebildeten Austrittskanal 40 liegt. Die Erfindung betrifft auch eine Anlage zur Durchführung eines Organic-Rankine-Kreisprozesses mit einer solchen Strömungsmaschine.

[0073] In einer vorstehend angegebenen Strömungsmaschine kann der Leitkörper (3') in den Austrittskanal (40) ragen.

[0074] Gemäß einem optionalen Aspekt der Strömungsmaschine kann das Arbeitsmedium über einen sich erweiternden Einströmungskanal (10) auf das Laufrad (2) in radialer Richtung zu einer Rotationsachse (27) des Laufrades (2) einströmen.

[0075] Gemäß einem weiteren optionalen Aspekt der Strömungsmaschine kann der Leitkörper (3', 3") ein Umlenkelement (31, 32) mit einer ersten und einer zweiten ringförmigen Kante (25, 26) aufweisen, wobei die erste Kante (25) des Umlenkelements (31, 32) benachbart zu dem Schaufelkanalaustritt (23) positioniert ist, und wobei die zweite Kante (26) benachbart zu der Eintrittsöffnung (24) in dem Austrittskanal (40) angeordnet ist.

[0076] Die erste Kante (25) kann dabei eine Anström-kante und die zweite Kante (26) eine Abströmkante sein.

[0077] Gemäß einem weiteren optionalen Aspekt der Strömungsmaschine kann das Umlenkelement (31, 32) mit einer Leitkontur (28) ausgebildet sein, die sich von der ersten Kante (25) aus einer zu einer Rotationsachse (27) des Laufrades (2) radialen Richtung zu der zweiten Kante (26) in eine zu der Rotationsachse (27) des Laufrades (2) axiale Richtung erstreckt, um aus dem Schaufelkanal (20) ausströmendes Arbeitsmedium aus der radialen in die axiale Richtung umzulenken.

[0078] Gemäß einem weiteren optionalen Aspekt der Strömungsmaschine kann das Umlenkelement (31, 32) eine dem Laufrad (2) zugewandte und eine dem Laufrad (2) abgewandte Seite umfassen und derart positioniert sein, dass es vom Arbeitsmedium beidseitig umströmbar ist.

[0079] Gemäß einem weiteren Aspekt der Strömungsmaschine kann der Leitkörper (3") mehrere voneinander beabstandete Umlenkelemente (31, 32) aufweisen, die zusammen ein durchströmbares Gitter bilden, in dem der Gesamtstrom des Arbeitsmediums in mehrere ringförmige Teilströme unterteilt wird.

[0080] Das wenigstens eine Umlenkelement (31, 32) kann dabei eine tropfenförmige, halbmondförmige oder tragflügelförmige Querschnittsgeometrie aufweisen.

[0081] Gemäß einem weiteren Aspekt der Strömungsmaschine können die voneinander beabstandeten Umlenkelemente (31, 32) derart positioniert sein, dass deren den Schaufeln (21) des Laufrades (2) zugewandte Kanten in axialer Richtung einen axialen Abstand (62) aufweisen.

[0082] Gemäß einem weiteren Aspekt der Strömungsmaschine können die voneinander beabstandeten Umlenkelemente (31, 32) derart positioniert sein, dass deren in Richtung der Rotationsachse (27) des Laufrades (2) weisenden Kanten (25, 26) einen unterschiedlichen radialen Abstand bezüglich der Rotationsachse (27) des

Lauftrads (2) aufweisen.

[0083] Dabei kann der radiale Abstand der ersten Kante (25) von der Rotationsachse (27) des Lauftrads (2) größer sein als der radiale Abstand der zweiten Kante (26) von der Rotationsachse (27) des Lauftrads (2).

[0084] Gemäß einem weiteren Aspekt der Strömungsmaschine können an einer mit dem Lauftrad (2) verbundenen Welle mehrere Permanentmagneten und/oder Rotorwicklungen angeordnet sein, die mit mehreren benachbart angeordneten, die Welle umgreifenden Statorwicklungen einen elektrischen Generator bilden.

[0085] Eine vorstehend angegebene Strömungsmaschine kann als Turbine, insbesondere als Radialturbine, in einem Organic-Rankine-Kreisprozess oder als Verdichter von gasförmigem Medium verwendet werden, indem das gasförmige Medium durch Anströmen des Leitkörpers (3, 3', 3'') zu den Schaufeln (21) geleitet wird.

[0086] Eine erfindungsgemäße Anlage zur Durchführung eines Organic-Rankine-Kreisprozesses kann einen Kondensator zur Verflüssigung eines in der Anlage umgewälzten Arbeitsmediums, eine Pumpe, einen Verdampfer zur Verdampfung des Arbeitsmediums sowie eine dem Verdampfer nachgeschaltete Strömungsmaschine, insbesondere eine Turbine enthalten, in der das Arbeitsmedium unter Entnahme von Energie aus dem Kreislauf entspannt wird, wobei die Strömungsmaschine wie vorstehend angegeben ausgeführt sein kann.

Bezugszeichenliste:

[0087]

1	Düsenring
1,4,11	Turbinengehäuse
2	Lauftrad
3, 3', 3''	Leitkörper
4	Diffusor
5	Strömungsrichtung
6	Abstände
10	Düsenkanal
10	Einströmungskanal
11	Abdeckung der Düsen
20	Schaufelkanal
21	Schaufel
22	Bandage an Schaufel
23	Schaufelaustritt
24	Eintrittsöffnung
25	Kante
26	Kante
27	Rotationsachse
28	Leitkontur
29	Zwischenbereich innerhalb des Lauftrads
30	Kanal zwischen den Leitkörpern
31,32	Umlenkelemente
33	Verbindungssteg zwischen den Leitkörpern und der Befestigung
33	Steg
34	Befestigungsring der Leitkörper am Diffuso-

	reinlauf	
40	Kanal im Diffusor	
40	Austrittskanal	
40	Diffusorkanaleintritt	
5	40	Diffusorkanal
	42	Strömung zwischen den Schaufeln des Laufrads
	42,51	Richtungspfeil
	51	Strom
10	51	Strömung im Düsenkanal
	52	Strömung im Schaufelkanal
	53	Strömung zwischen den Leitkörpern
	53	Pfeilrichtung
	54	Wirbel
15	54	Strömungsablösung im Diffusor
	60	Schaufelhöhe am Schaufelkanalaustritt des Laufrads
	61,62,63	Axialer Abstand
	61	Axialer Abstand zwischen Laufradscheibe und Umlenkelement
20	62	Axialer Abstand zwischen beiden Umlenkelementen
	63	Axialer Abstand zwischen Leitkörper 2 und dem Schaufelkopf bzw. der Bandage
25	100	Düsenkanal
	110	Turbinengehäuse
	120	Turbinenrad, Laufrad
	121	Schaufel
	151	Richtungspfeil
30	153	Arbeitsmediumaustritt

Patentansprüche

- 35 1. Radialturbine mit einem Gehäuse (1,4,11), das einen Gehäusekanal (10) für das Einstromen von Arbeitsmedium aufweist und einen Diffusor (4) mit einem Kanal (40) für das Ausströmen von Arbeitsmedium umfasst, wobei in dem Gehäuse (1, 4, 11) ein an einer um eine Rotationsachse (27) drehbaren Lauftradwelle aufgenommenes Lauftrad (2) positioniert ist, wobei an dem Lauftrad mehrere Schaufeln (21) angeordnet sind, die Schaufelkanäle (20) bilden, die eine der Rotationsachse (27) zugewandte Schaufelkanalöffnung (23) für das Durchströmen von Arbeitsmedium zu dem Kanal (40) für das Ausströmen von Arbeitsmedium haben, wobei der Kanal (40) für das Ausströmen von Arbeitsmedium eine lauftradseitige Öffnung (24) hat, wobei das Arbeitsmedium durch einen von der Schaufelkanalöffnung (23) der Schaufelkanäle (20) zu der lauftradseitigen Öffnung (24) des Kanals (40) für das Ausströmen von Arbeitsmedium erstreckten Zwischenbereich (29) geführt ist, und wobei für das Umlenken von Arbeitsmedium ein Leitkörper (3, 3', 3'') vorgesehen ist, der aus dem Zwischenbereich (29) in den Kanal (40) für das Ausströmen von Arbeitsmedium erstreckt ist,

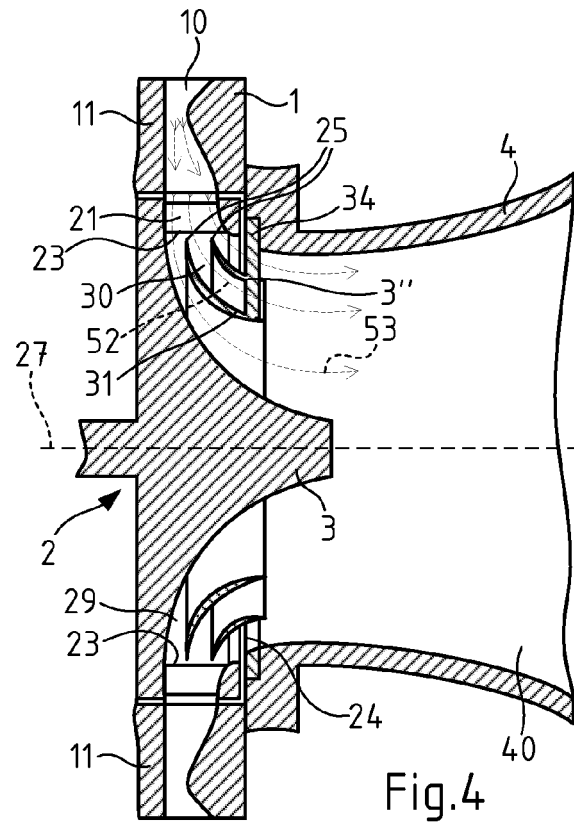
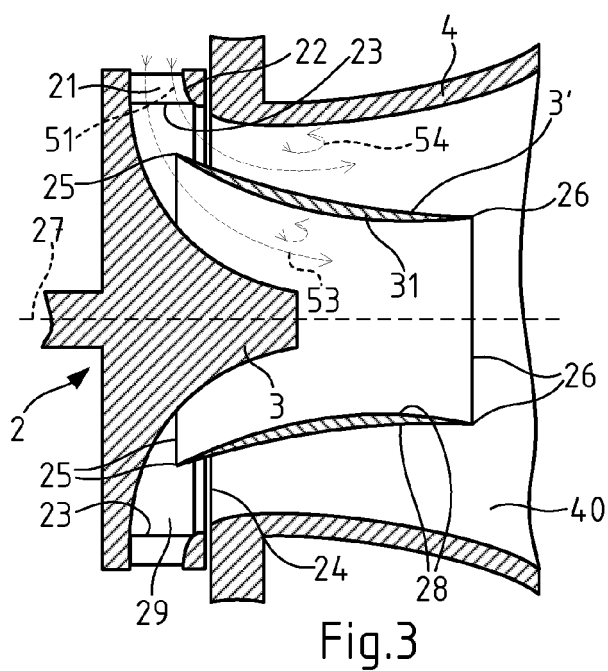
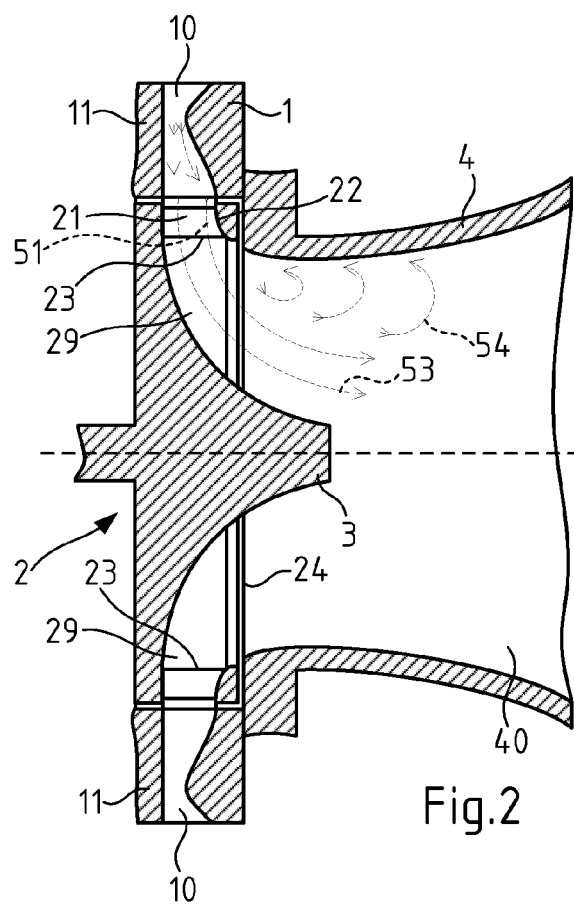
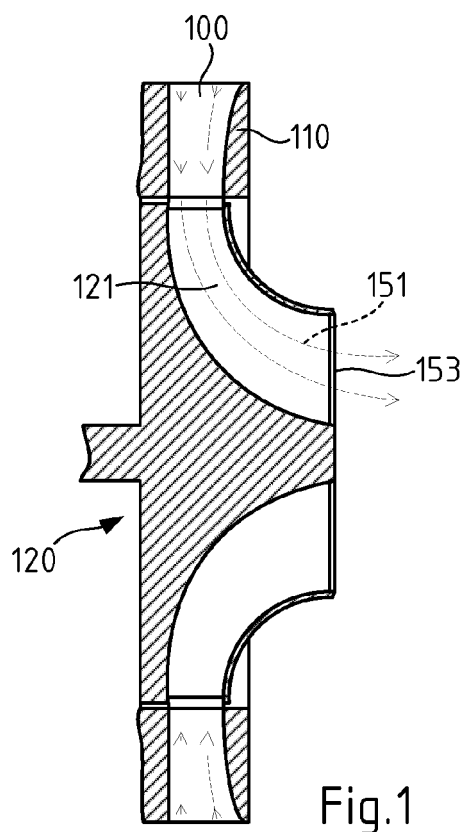
dadurch gekennzeichnet, dass

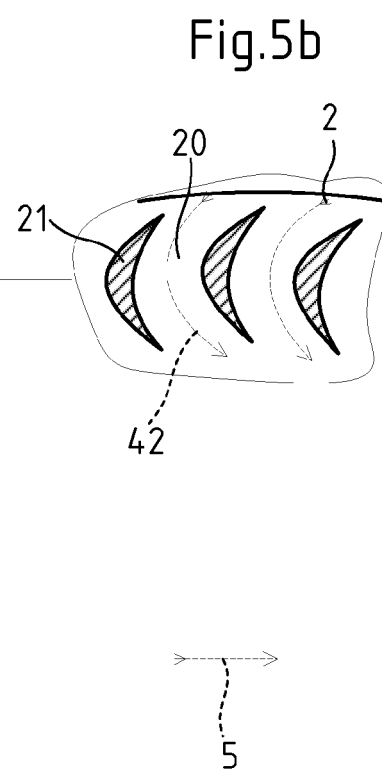
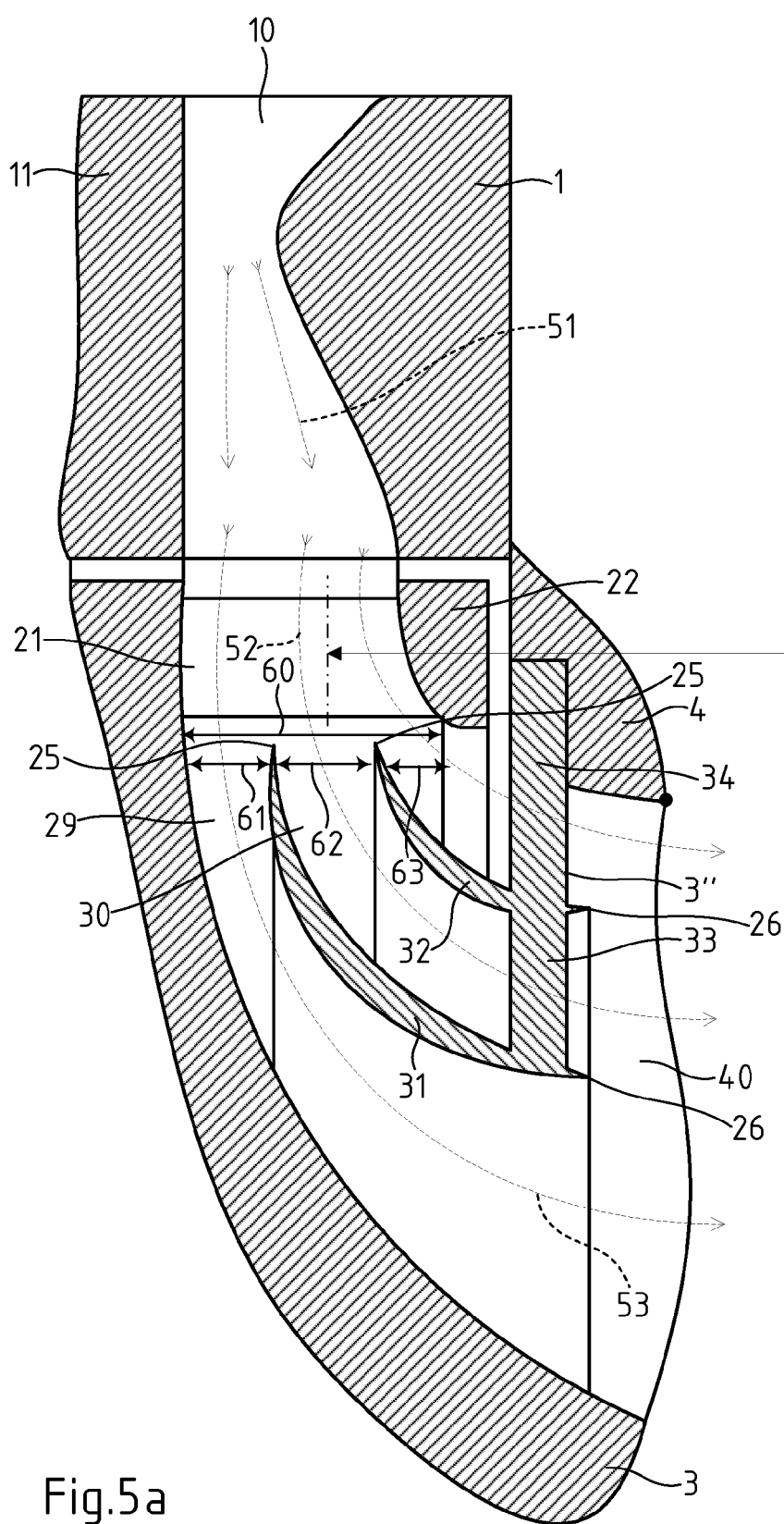
der Gehäusekanal (10) für das Einströmen von Arbeitsmedium eine Engstelle hat und laufradseitig erweitert ist, damit das eingeströmte Arbeitsmedium Überschallgeschwindigkeit erreichen kann und der Leitzkörper (3) zu der Rotationsachse (27) des Laufrads (2) coaxial angeordnet ist.

2. Radialturbine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leitzkörper (3') ein Laufradkegel des Laufrads (2) ist. 10
3. Radialturbine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Laufradkegel (3) als ein Rotationshyperboloid gestaltet ist. 15
4. Radialturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kanal (40) für das Ausströmen von Arbeitsmedium nach Arte eines Diffusors auf der dem Laufrad (2) abgewandten Seite erweitert ist. 20
5. Radialturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Arbeitsmedium auf das Laufrad (2) über den Gehäusekanal (10) in radialer Richtung zu der Rotationsachse (27) des Laufrads (2) strömt. 25
6. Radialturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einer mit dem Laufrad (2) verbundenen Welle mehrere Permanentmagneten und/oder Rotorwicklungen angeordnet sind, die mit mehreren benachbart angeordneten, die Welle umgreifenden Statorwicklungen einen elektrischen Generator bilden. 30
7. Radialturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leitzkörper (3', 3'') ein zu der Rotationsachse (27) des Laufrades (2) coaxial angeordnetes ringförmiges Umlenkelement (31, 32) aufweist, das auf einer der Rotationsachse (27) zugewandten Seite und einer der Rotationsachse (27) abgewandten Seite beidseitig von Arbeitsmedium umströmbar ist. 40
8. Radialturbine nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umlenkelement (31, 32) an dem Gehäuse (1, 4, 11) festgelegt ist. 45
9. Radialturbine nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umlenkelement (31, 32) eine Leitkontur (28) aufweist, die sich von einer Anströmkannte (25) aus einer zu der Rotationsachse (27) des Laufrades (2) radialen Richtung zu einer Abströmkannte (26) in eine zu der Rotationsachse (27) des Laufrades (2) axiale Richtung erstreckt, um aus einem der Schaufelkanäle (20) zu dem Kanal (40) für das Ausströmen von Arbeitsmedium strö-

mendes Arbeitsmedium aus der radialen in die axiale Richtung umzulenken.

10. Radialturbine nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umlenkelement mehrere voneinander beabstandete Umlenkmittel aufweist, die zusammen ein durchströmbares Gitter bilden, in dem der Gesamtstrom des Arbeitsmediums in mehrere ringförmige Teilströme unterteilt wird. 5
11. Radialturbine nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der Umlenkmittel eine tropfenförmige, halbmondförmige oder tragflügelförmige Querschnittsgeometrie aufweist. 10
12. Radialturbine nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umlenkmittel den Schaufeln (21) des Laufrades (2) zugewandte Anströmkannten (2) haben, die in axialer Richtung einen axialen Abstand (62) aufweisen. 15
13. Radialturbine nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umlenkmittel Abströmkannten (26) haben und der radiale Abstand der Anströmkannten (25) von der Rotationsachse (27) des Laufrads (2) größer ist als der radiale Abstand der Abströmkannten (26) von der Rotationsachse (27) des Laufrads (2). 20
14. Verwendung einer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 ausgebildeten Radialturbine in einem Organic-Rankine-Kreisprozess. 25
15. Anlage zur Durchführung eines Organic-Rankine-Kreisprozesses mit einem Kondensator zur Verflüssigung eines in der Anlage umgewälzten Arbeitsmediums, einer Pumpe, einem Verdampfer zur Verdampfung des Arbeitsmediums sowie einer dem Verdampfer nachgeschalteten Radialturbine, insbesondere einer Turbine, in der das Arbeitsmedium unter Entnahme von Energie aus dem Kreislauf entspannt wird, wobei die Radialturbine nach einem der Ansprüche 1 bis 13 ausgeführt ist. 30







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 20 9322

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 093 990 A2 (KUEHNLE KOPP KAUSCH AG [DE]) 16. November 1983 (1983-11-16)	1-9, 11-15	INV. F01D1/08 F01D25/30
Y	* Seite 11 - Seite 18; Abbildungen 1,6,7 *	10	
Y	EP 1 178 183 A2 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]) 6. Februar 2002 (2002-02-06) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	10	
A	DE 15 51 190 A1 (LOGAIDA RUDOLF) 15. Januar 1970 (1970-01-15) * Seite 5, Absatz 3 - Seite 7, Absatz 1; Abbildung 1 *	1-15	
A	US 4 066 381 A (EARNEST ERNEST R) 3. Januar 1978 (1978-01-03) * Spalte 1, Zeile 26 - Spalte 2, Zeile 56; Abbildungen 2,3 *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F02C F01D
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		6. März 2019	Rau, Guido
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 20 9322

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

06-03-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	EP 0093990	A2	16-11-1983	EP 0093990 A2		16-11-1983
				US 4815931 A		28-03-1989
15	EP 1178183	A2	06-02-2002	DE 10037684 A1		14-02-2002
				EP 1178183 A2		06-02-2002
				JP 4791658 B2		12-10-2011
				JP 2002081301 A		22-03-2002
				US 2002127100 A1		12-09-2002
20	DE 1551190	A1	15-01-1970	KEINE		
	US 4066381	A	03-01-1978	DE 2731388 A1		26-01-1978
				JP S5313001 A		06-02-1978
25				US 4066381 A		03-01-1978
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- GB 492144 A [0002]
- DE 202010017157 [0014]
- DE 202010017157 U1 [0014]
- DE 102010056557 [0014]