



(10) **DE 10 2022 208 043 A1** 2024.02.08

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 208 043.2**

(22) Anmeldetag: **03.08.2022**

(43) Offenlegungstag: **08.02.2024**

(51) Int Cl.: **H02K 1/32 (2006.01)**

**H02K 1/27 (2022.01)**

(71) Anmelder:  
**ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE**

(72) Erfinder:  
**Kasibhatla, Raghavendra Rohith, 97422  
Schweinfurt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

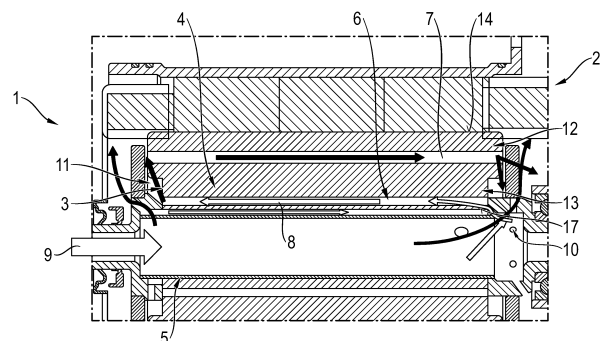
<b>US</b>	<b>2015 / 0 381 015</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>2019- 187 063</b>	<b>A</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Rotor für eine elektrische Maschine**

(57) Zusammenfassung: Rotor (3) für eine elektrische Maschine (2), insbesondere eine elektrische Maschine (2) eines Kraftfahrzeugs, umfassend einen mit einer Rotorwelle (5) gekoppelten oder koppelbaren Rotorgrundkörper (4), insbesondere umfassend eine Vielzahl an in Axialrichtung benachbart angeordneten Rotorlamellen, wobei in dem Rotorgrundkörper (4) Magnetelemente (16), insbesondere Permanentmagnete, angeordnet sind, wobei die Magnetelemente (16) in einem sich in Umfangsrichtung des Rotorgrundkörpers (4) erstreckenden ersten Radialbereich (12) angeordnet sind und der Rotorgrundkörper (4) wenigstens einen in Axialrichtung in dem ersten Radialbereich (12) verlaufenden Temperierkanalabschnitt (7, 8) eines Temperierkanals (6) aufweist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Rotor für eine elektrische Maschine, insbesondere eine elektrische Maschine eines Kraftfahrzeugs, umfassend einen mit einer Rotorwelle gekoppelten oder koppelbaren Rotorgrundkörper, insbesondere umfassend eine Vielzahl an in Axialrichtung benachbart angeordneten Rotorlamellen, wobei in dem Rotorgrundkörper Magnetelemente, insbesondere Permanentmagnete, angeordnet sind.

**[0002]** Rotoren für elektrische Maschinen bzw. elektrische Maschinen, die Rotoren aufweisen, in denen Magnetelemente, d.h. insbesondere Permanentmagnete, angeordnet sind, um ein Magnetfeld für den Betrieb der elektrischen Maschine zu erzeugen, sind grundsätzlich aus dem Stand der Technik bekannt. Ein derartiger Rotor umfasst üblicherweise einen Rotorgrundkörper, der zum Beispiel eine Vielzahl von in Axialrichtung benachbart angeordneten Rotorlamellen, als sogenanntes „Blechpaket“, aufweist. Der Rotorgrundkörper kann mit der Rotorwelle gekoppelt sein, sodass die elektrische Maschine ein Drehmoment auf die Rotorwelle aufbringen und beispielsweise weiteren Getriebeelement eines Kraftfahrzeugs zuführen kann oder umgekehrt.

**[0003]** Bei derartigen Rotoren bzw. elektrischen Maschinen ist ferner bekannt, dass die Wärme, die im Betrieb der elektrischen Maschine entsteht, abgeführt werden muss bzw. für einen möglichst effizienten Betrieb abgeführt werden kann, zum Beispiel um zu verhindern, dass die Magnetelemente über eine bestimmte Grenztemperatur erwärmt werden. Dazu kann die beschriebene Rotorwelle ein Temperiermittel, zum Beispiel ein Kühlmittel, führen, sodass der Rotorgrundkörper, der an seiner Innenfläche mit der Rotorwelle gekoppelt ist, über den thermischen Kontakt mit der Rotorwelle ebenfalls temperiert werden kann. Da der Wärmeaustausch zwischen dem Rotorgrundkörper und dem Temperiermittel somit auf die Wärmeübertragung durch die Außenwand der Rotorwelle sowie durch die Wärmeleitung innerhalb der Rotorlamellen beschränkt ist, ist eine Ableitung von Wärme, beispielsweise im Bereich der Magnetelemente, die üblicherweise radial außen an dem Rotorgrundkörper angeordnet sind, nur beschränkt möglich. Hierbei kann insbesondere ein Temperaturgradient zwischen der Innenseite des Rotorgrundkörpers bzw. der Wandung der Rotorwelle und dem radialen Außenbereich des Rotorgrundkörpers, an dem die Magnetelemente angeordnet sind, auftreten.

**[0004]** Der beschriebene Effekt verstärkt sich weiter, wenn Rotorwellen zum Einsatz kommen, die nicht über den gesamten Umfang an den Rotorlamellen anliegen. Wird beispielsweise anstatt einer im Querschnitt kreisförmigen bzw. zylindrischen Rotorwelle

eine Polygonwelle verwendet, deren Außenfläche nicht kontinuierlich an den Innenflächen der Rotorlamellen anliegt, sondern sich Abstände zwischen der Rotorwelle und dem Rotorgrundkörper ergeben, wird die Wärmeleitung weiter reduziert.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde einen demgegenüber verbesserten Rotor für eine elektrische Maschine anzugeben.

**[0006]** Die Aufgabe wird durch einen Rotor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0007]** Wie beschrieben, betrifft die Erfindung einen Rotor für eine elektrische Maschine, zum Beispiel eine elektrische Maschine eines Kraftfahrzeugs. Die elektrische Maschine kann zum Beispiel Drehmomente erzeugen, die für den Antrieb des Kraftfahrzeugs verwendet werden können. Die elektrische Maschine kann somit als „Traktionsantrieb“ bezeichnet werden. Wie beschrieben, weist der Rotor einen Rotorgrundkörper auf, der mit der Rotorwelle gekoppelt ist bzw. bei der Montage der elektrischen Maschine mit einer Rotorwelle gekoppelt wird, wobei der Rotorgrundkörper die Magnetelemente, insbesondere Permanentmagnete, trägt. Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die Magnetelemente in einem sich in Umfangsrichtung des Rotorgrundkörpers erstreckenden ersten Radialbereich angeordnet sind und der Rotorgrundkörper wenigstens einen in Axialrichtung in dem ersten Radialbereich verlaufenden Temperierkanalabschnitt eines Temperierkanals aufweist.

**[0008]** Die Erfindung schlägt somit vor, anstelle der Wärmeübertragung durch die Wand der Rotorwelle und durch den Rotorgrundkörper einen Temperierkanal vorzusehen, der sich innerhalb des Rotorgrundkörpers erstreckt. Der Temperierkanal weist zumindest einen Temperierkanalabschnitt auf, der sich in Axialrichtung erstreckt, d.h., dass der beschriebene Temperierkanalabschnitt nacheinander durch die in Axialrichtung benachbarten Rotorlamellen bzw. Blechlamellen geführt wird. Als „Axialrichtung“ wird eine Richtung verstanden, die sich im Wesentlichen parallel zu der Drehachse des Rotors erstreckt. Der beschriebene Temperierkanalabschnitt ist vorteilhafterweise in dem ersten Radialbereich angeordnet, in dem auch die Magnetelemente angeordnet sind. Dadurch ist es möglich, Wärme von dort gezielt abzuführen, wo diese erzeugt wird, nämlich im Bereich der Magnetelemente in dem Rotorgrundkörper. Die im Betrieb der elektrischen Maschine erzeugte Wärme kann somit verbessert an das Temperiermittel abgeführt werden, das durch den Temperierkanal geführt wird. Eine Wärmeleitung von dem ersten Radialbereich, in dem die Magnetelemente angeordnet sind, nach radial innen, zum Beispiel an

Temperiermittel, das innerhalb der Rotorwelle geführt wird, ist daher nicht erforderlich.

**[0009]** Als „Radialbereich“ wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Bereich des Rotorgrundkörpers verstanden, der sich zwischen zwei Radien bzw. zwei Radialpositionen in Umfangsrichtung erstreckt. Insbesondere wird als Radialbereich ein in Umfangsrichtung geschlossener, also umlaufender, Bereich verstanden, der sich beispielsweise zwischen einem ersten Radius und einem zweiten Radius des Rotorgrundkörpers erstreckt. Der beschriebene erste Radialbereich, in dem die Magnetelemente angeordnet sind, kann zum Beispiel durch die Positionierung der Magnetelemente definiert werden bzw. über den Bereich über den sich die Magnetelemente in Radialrichtung erstrecken. Der erste Radialbereich kann sich zum Beispiel von einer Außenfläche des Rotorgrundkörpers bis zu demjenigen Radius erstrecken, an dem die Magnetelemente radial innenliegend reichen bzw. bis zu dem Radius, an dem der beschriebene Temperierkanalabschnitt des Temperierkanals angeordnet ist. Bezogen auf den ersten Radialabschnitt befindet sich zumindest ein zweiter Radialabschnitt näher an der Drehachse, zum Beispiel ausgehend von dem zweiten Radius zu einem dritten Radius, der zum Beispiel der Außenfläche der Rotorwelle bzw. der Innenfläche der Rotorlamellen entsprechen kann.

**[0010]** Mit anderen Worten kann durch den Temperierkanalabschnitt des Temperierkanals, der sich in Axialrichtung durch den ersten Radialbereich erstreckt, Temperiermittel innerhalb des Rotorgrundkörpers geführt werden, nämlich insbesondere in dem ersten Radialbereich, in dem die Magnetelemente angeordnet sind. Die Wärmeleitung von den Mangeteementen zu dem Temperiermittel ist daher deutlich verbessert, da der Pfad, auf dem die Temperierung durchgeführt wird, deutlich verkürzt wird. Der thermische Kontakt zwischen dem Temperiermittel und den Mangeteementen, die zu kühlen bzw. zu temperieren sind, ist somit deutlich effizienter bzw. direkter möglich. Eine Kühlung der Magnetelemente durch ein geeignetes Temperiermittel, beispielsweise Wasser oder Öl, kann somit verbessert durchgeführt werden. Die Anordnung des Temperierkanalabschnitts kann somit auch als „magnetnah“ bezeichnet werden.

**[0011]** Der beschriebene Rotor kann ferner dahingehend weitergebildet werden, dass der Temperierkanal wenigstens einen ersten Temperierkanalabschnitt aufweist, der sich axial durch den Rotorgrundkörper in einem ersten Radialbereich erstreckt, in welchem ersten Radialbereich die Magnetelemente angeordnet sind, wobei der Temperierkanal wenigstens einen zweiten Temperierkanalabschnitt aufweist, der sich axial durch den Rotorgrundkörper in einem zweiten Radialbereich

erstreckt, wobei der zweite Radialbereich näher an der Drehachse der Rotorwelle bzw. des Rotors angeordnet ist als der erste Radialbereich. Der „erste“ Temperierkanalabschnitt kann somit als derjenige Temperierkanalabschnitt des Temperierkanals verstanden werden, der zuvor beschrieben wurde, der nämlich in dem ersten Radialbereich und somit „magnetnah“ angeordnet ist. Der Temperierkanal, durch den das Temperiermittel für die Temperierung des Rotorgrundkörpers bzw. des Rotors geführt wird, kann zusätzlich zu dem beschriebenen ersten Temperierkanalabschnitt wenigstens einen zweiten Temperierkanalabschnitt aufweisen, der in Fluidverbindung mit dem ersten Temperierkanalabschnitt steht. Mit anderen Worten wird Temperiermittel, das durch den Temperierkanal geführt wird, durch den zweiten Temperierkanalabschnitt und den ersten Temperierkanalabschnitt geführt.

**[0012]** Der zweite Temperierkanalabschnitt kann somit radial innenliegend ausgebildet sein und der erste Temperierkanalabschnitt kann demgegenüber radial außenliegend angeordnet sein. Wie beschrieben, erstreckt sich der erste Temperierkanalabschnitt in dem ersten Radialbereich und somit magnetnah und der zweite Temperierkanalabschnitt in einem zweiten Radialbereich und somit näher an der Drehachse der Rotorwelle bzw. des Rotors. Der Rotorgrundkörper kann grundsätzlich zumindest in den ersten Radialbereich und den zweiten Radialbereich aufgeteilt bzw. unterteilt werden, wobei der zweite Radialbereich sich bezogen auf den Rotorgrundkörper von einer Innenfläche des Rotorgrundkörpers, zum Beispiel einer Innenfläche der Rotorlamellen, bis zu dem ersten Radialbereich erstreckt, welcher erste Radialbereich sich bis zu der Außenfläche des Rotorgrundkörpers erstrecken kann. Grundsätzlich sind zwischen dem zweiten Radialbereich und dem ersten Radialbereich noch eine weitere beliebige Anzahl von Radialbereichen möglich. Ebenso können bezogen auf den zweiten Radialbereich weitere Radialbereiche weiter innenliegend und auf den ersten Radialbereich weitere Radialbereiche weiter außenliegend angeordnet sein, wobei in dem ersten Radialbereich stets die Magnetelemente und der wenigstens eine erste Temperierkanalabschnitt angeordnet sind.

**[0013]** Wie beschrieben, kann Temperiermittel in dem Temperierkanal in den Rotor eingebracht werden. Zum Beispiel wird das Temperiermittel durch die Rotorwelle in den Rotor eingebracht. Die Rotorwelle kann somit eine „Zuführseite“ aufweisen, von der aus Temperiermittel eingebracht werden kann. Grundsätzlich ist die Richtung, in der das Temperiermittel den Kühlkreislauf bzw. den Temperierkreislauf durchströmt beliebig wählbar, sodass die „Zuführseite“ auch als „Abführseite“ verstanden werden kann, falls die Strömungsrichtung des Temperiermittels umgekehrt werden sollte. Die nachfolgende

Beschreibung ist in diesem Fall umkehrbar bzw. übertragbar.

**[0014]** Der Rotor kann ein an einer, insbesondere einer Zuführseite des Rotors abgewandten, Seitenfläche angeordnetes Führungselement aufweisen, das dazu ausgebildet ist, einen Zuführkanal mit dem zweiten Temperierkanalabschnitt zu verbinden. Die beschriebene Ausgestaltung sieht somit vor, dass an einer Seitenfläche des Rotors, insbesondere einer Seitenfläche des Rotorgrundkörpers, ein Führungselement vorgesehen ist, um den zweiten Temperierkanalabschnitt, also denjenigen Abschnitt des Temperierkanals, der gegenüber dem ersten Temperierkanalabschnitt radial innenliegend vorgesehen ist, mit dem Zuführkanal zu verbinden. Der Zuführkanal ist für das Zuführen von Temperiermittel in den Rotorgrundkörper vorgesehen. Der Zuführkanal kann auch als Abführkanal ausgeführt sein, falls die Strömungsrichtung des Temperiermittels umgekehrt wird. Das Führungselement bewirkt somit die Fluidverbindung zwischen dem Zuführkanal bzw. Abführkanal und dem wenigstens einen zweiten Temperierkanalabschnitt. Wird Temperiermittel durch die Rotorwelle in den Rotor eingebracht bewirkt die Drehzahl des Rotors, dass sich das Temperiermittel bedingt durch die Zentrifugalkraft an der Innenfläche der Rotorwelle anlegt bzw. dort entlang strömt und zu dem Führungselement geführt wird, das an einer Seitenfläche des Rotors angeordnet ist. Das Führungselement kann ein Aufstauen des Temperiermittels bewirken und eine Öffnung bzw. einen Kanal bereitstellen, durch den das Temperiermittel von dem Zuführkanal in den zweiten Temperierkanalabschnitt geführt wird.

**[0015]** Das Führungselement bewirkt somit eine Führung bzw. Umlenkung des Temperiermittels in den wenigstens einen zweiten Temperierkanalabschnitt. Grundsätzlich kann das Temperiermittel innerhalb der Rotorwelle in einer ersten Strömungsrichtung bzw. einer ersten Axialrichtung strömen, nämlich durch die Rotorwelle, die als Hohlwelle ausgeführt ist, in Richtung des Führungselements. Das Führungselement kann, wie beschrieben, die Umlenkung des Temperiermittels in den zweiten Temperierkanalabschnitt bewirken, wobei der zweite Temperierkanalabschnitt von dem Temperiermittel in einer zweiten Strömungsrichtung bzw. einer zweiten Axialrichtung durchströmt wird. Die erste Strömungsrichtung bzw. die erste Axialrichtung kann dabei bezogen auf die Drehachse des Rotors der zweiten Strömungsrichtung bzw. der zweiten Axialrichtung gegenüberliegen bzw. entgegengesetzt gerichtet sein. Das bedeutet, dass das Temperiermittel in dem zweiten Temperierkanalabschnitt entgegen der Strömungsrichtung in dem Zuführkanal strömt.

**[0016]** Der Rotor kann ferner einen Umlenkabschnitt aufweisen, der dazu ausgebildet ist, den wenigstens

einen zweiten Temperierkanalabschnitt mit dem wenigstens einen ersten Temperierkanalabschnitt zu verbinden. Der Umlenkabschnitt kann insbesondere auf der Zuführseite des Rotors angeordnet sein, die, wie zuvor beschrieben, auch als „Abführseite“ ausgebildet sein kann. Der Umlenkabschnitt bewirkt eine Umlenkung des Temperiermittels aus dem zweiten Temperierkanalabschnitt in den ersten Temperierkanalabschnitt, wobei neben dem Verbringen des Temperiermittels aus dem zweiten Radialbereich in den ersten Radialbereich, also im Wesentlichen ein Führen in Radialrichtung, wiederum eine Strömungsrichtungsumkehr bewirkt wird, da das Temperiermittel in dem wenigstens einen ersten Temperierkanalabschnitt wieder in der ersten Strömungsrichtung bzw. in der ersten Axialrichtung strömt.

**[0017]** Die Anzahl der zweiten Temperierkanalabschnitte und die Anzahl der ersten Temperierkanalabschnitte kann unterschiedlich sein. Insbesondere können weniger erste Temperierkanalabschnitte als zweite Temperierkanalabschnitte vorgesehen sein. Ebenso kann sich die Größe bzw. die Geometrie der Temperierkanalabschnitte unterscheiden. Im Speziellen können die ersten Temperierkanalabschnitte bzw. der wenigstens eine erste Temperierkanalabschnitt einen größeren Durchmesser bzw. eine größere Querschnittsfläche aufweisen als wenigstens ein zweiter Temperierkanalabschnitt. Dadurch ist es möglich, die gewünschten Strömungsgeschwindigkeiten in den einzelnen Temperierkanalabschnitten gezielt einzustellen. Zum Beispiel kann vorgesehen sein, dass das Temperiermittel in den ersten Temperierkanalabschnitten langsamer strömt als in den zweiten Temperierkanalabschnitten, um gezielt den Wärmeaustausch zwischen den Mangelteilen und dem Temperiermittel zu verbessern.

**[0018]** Die beschriebene Rotorwelle kann als Zylinderwelle oder als Polygonwelle ausgebildet sein. Als Zylinderwelle wird insbesondere eine Welle verstanden, die einen kreisförmigen Querschnitt bzw. eine Zylinderform aufweist. Eine Zylinderwelle liegt somit insbesondere mit ihrem gesamten äußeren Umfang an dem Innenumfang des Rotorgrundkörpers an. Demgegenüber weist die Polygonwelle Bereiche auf, in denen sie mit ihrem Außenumfang an dem Innenumfang der Rotorlamellen des Rotorgrundkörpers anliegt und andere Abschnitte in Umfangsrichtung, an denen ein Abstandsraum zwischen Rotorwelle und Rotorgrundkörper ausgebildet ist. Da die Polygonwelle Vorteile in Bezug auf die mechanischen Eigenschaften des Rotors besitzt, jedoch eine geringere thermische Leitfähigkeit zwischen der Rotorwelle und dem Rotorgrundkörper erlaubt, ist die vorgeschlagene Anordnung der Temperierkanalabschnitte für die Ausgestaltung der Rotorwelle als Polygonwelle besonders vorteilhaft, da dort die Wärmeübertragung zwischen der Außenwand der

Rotorwelle und der Innenfläche des Rotorgrundkörpers nicht erforderlich ist, sondern der Wärmeaustausch durch den wenigstens einen ersten Temperierkanalabschnitt innerhalb des Rotorgrundkörpers erreicht wird. Mit anderen Worten können somit die Vorteile bezogen auf die Temperierung des Rotorgrundkörpers mit den Vorteilen, die durch die Verwendung der Polygonwelle erreicht werden, kombiniert werden.

**[0019]** Wie eingangs beschrieben, kann der Rotorgrundkörper aus einer Vielzahl von in Axialrichtung benachbarten Rotorlamellen bzw. „Blechlamellen“ gebildet sein. Der Rotorgrundkörper kann hierbei wenigstens einen, insbesondere wenigstens drei in Umfangsrichtung verteilt angeordnete, Zuganker aufweisen, welcher Zuganker dazu ausgebildet ist, die Rotorlamellen des Rotorgrundkörpers mit einer Axialkraft zu beaufschlagen. Der Zuganker erstreckt sich insbesondere in Axialrichtung durch den Rotorgrundkörper und verspannt die Rotorlamellen gegeneinander, sodass das Lamellenpaket, also der Rotorgrundkörper, durch den Zuganker in Axialrichtung verspannt wird. Dadurch wird insbesondere gewährleistet, dass sich keine Fluidpfade in Radialrichtung zwischen den Rotorlamellen ausbilden, sondern die Führung des Temperiermittels ausschließlich auf die Temperierkanalabschnitte bzw. den Temperierkanal begrenzt ist. Die Anordnung des wenigstens einen Zugankers kann ebenfalls in dem ersten Radialbereich erfolgen. Beispielsweise können sich die Kanäle für den Zuganker mit den ersten Temperierkanalabschnitten in Umfangsrichtung abwechseln. Zum Beispiel können genau drei Zuganker vorgesehen sein, die abwechselnd mit genau drei ersten Temperierkanalabschnitten in Umfangsrichtung angeordnet sind.

**[0020]** Wie bereits beschrieben, sind in dem Rotorgrundkörper mehrere Magnetelemente in Umfangsrichtung verteilt angeordnet. Hierbei können mehrere Magnetelementgruppen ausgebildet sein, die beispielsweise eine gleiche Anzahl und/oder räumliche Anordnung von Mangetelementen aufweisen. Mit anderen Worten können mehrere Magnetelemente zu einer Magnetelementgruppe angeordnet sein. Hierbei können jeweils mehrere Magnetelementgruppen in Umfangsrichtung des Rotorgrundkörpers verteilt angeordnet sein. Zwischen jeweils zwei Magnetelementgruppen kann ein, insbesondere V-förmiger, Umfangsabschnitt ausgebildet sein, in dem wenigstens ein erster Temperierkanalabschnitt angeordnet ist. Mit anderen Worten können die Magnetelemente jeder Magnetelementgruppe derart angeordnet bzw. ausgerichtet sein, dass diese im Querschnitt des Rotorgrundkörpers betrachtet eine V-Form ausbilden. Zwei in Umfangsrichtung benachbarte Magnetelementgruppen bilden somit ein in Radialrichtung umgekehrtes „V“ bzw. einen dreieckigen Querschnittsbereich aus, in dem der wenigstens

eine erste Temperierkanalabschnitt angeordnet ist. Insbesondere ist in jedem solchen Zwischenraum zwischen jeweils zwei Magnetelementgruppen ein erster Temperierkanalabschnitt oder ein Zuganker ausgebildet, sodass in den Zwischenräumen zwischen den Magnetelementgruppen die Wärme, die im Betrieb der elektrischen Maschine entsteht, gezielt abgeführt werden kann. Die Anordnung der einzelnen Magnetelementgruppen kann im Querschnitt betrachtet in Sternform bzw. sternförmig erfolgen.

**[0021]** Die Magnetelemente können nach einer weiteren Ausgestaltung einen Anteil seltener Erden unterhalb einer Obergrenze aufweisen, wobei die Obergrenze zwischen 0-5%, insbesondere unterhalb von 1%, betragen kann. Durch die Reduzierung des Anteils schwerer seltener Erden kann die Herstellung der Magnetelemente bzw. des Rotors verbessert werden. Durch die gezielte Abführung von Wärme weg von den Mangetelementen in dem Rotorgrundkörper kann der Betrieb des Rotors bzw. der elektrischen Maschine auch mit einem geringeren Anteil schwerer seltener Erden realisiert werden. Alternativ dazu ist es möglich, mit einem Rotor, der Magnetelemente mit einem Anteil oberhalb der beschriebenen Obergrenze aufweist, höhere Leistungsbereiche zu erreichen, da die beschriebene Temperierung, insbesondere Kühlung, der Magnetelemente einen Betrieb bei höherer Leistung ermöglichen kann.

**[0022]** Neben dem Rotor betrifft die Erfindung eine Temperieranordnung, die eine elektrische Maschine mit einem zuvor beschriebenen Rotor und eine mit dem Rotor der elektrischen Maschine gekoppelte Temperiervorrichtung aufweist. Die Temperiervorrichtung ist somit derart mit dem Rotor gekoppelt, das durch die Temperiervorrichtung Temperiermittel durch den Rotorgrundkörper geführt werden kann, nämlich durch den Temperierkanal, der zumindest den ersten Temperierkanalabschnitt in dem ersten Radialbereich aufweist. Die Temperiervorrichtung weist dazu eine Strömungserzeugungseinrichtung auf, die den Durchfluss von Temperiermittel bewirken kann. Ferner betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug, umfassend eine solche Temperieranordnung.

**[0023]** Sämtliche Vorteile, Einzelheiten und Merkmale, die in Bezug auf den Rotor beschrieben wurden, sind vollständig auf die Temperieranordnung und das Kraftfahrzeug übertragbar.

**[0024]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Fig. erläutert. Die Fig. sind schematische Darstellungen und zeigen:

**Fig. 1** einen schematischen Ausschnitt einer Temperieranordnung;

**Fig. 2** eine schematische Schnittdarstellung eines Rotorgrundkörpers der Temperieranordnung von **Fig. 1**;

**Fig. 3** eine schematische Schnittdarstellung eines Temperiermittelflusses durch die Temperieranordnung von **Fig. 1**;

**Fig. 4** eine schematische perspektivische Darstellung des Temperiermittelflusses der Temperieranordnung von **Fig. 1**, **Fig. 3**; und

**Fig. 5** eine schematische Querschnittsdarstellung des Temperiermittelflusses der Temperieranordnung von **Fig. 1**, **Fig. 3**, **Fig. 4**.

**[0025]** **Fig. 1** zeigt einen schematischen Ausschnitt einer Temperieranordnung 1 für ein Kraftfahrzeug, das die Temperieranordnung 1 aufweist. Die Temperieranordnung 1 weist eine elektrische Maschine 2 mit einem Rotor 3 auf, insbesondere einem in der vorhergehenden Beschreibung beschriebenen Rotor 3. Der Rotor 3 weist einen Rotorgrundkörper 4 auf, der mit einer Rotorwelle 5 gekoppelt ist. Der Rotorgrundkörper 4 ist in diesem Ausführungsbeispiel aus einer Vielzahl von in Axialrichtung benachbarten Rotorlamellen ausgebildet.

**[0026]** In dem Rotorgrundkörper 4 erstreckt sich zumindest abschnittsweise ein Temperierkanal 6, der mehrere erste Temperierkanalabschnitte 7 und mehrere zweite Temperierkanalabschnitte 8 aufweist. Grundsätzlich ist die Anzahl der ersten Temperierkanalabschnitte 7 und der zweiten Temperierkanalabschnitte 8 beliebig änderbar bzw. auswählbar, sodass wenigstens ein erster Temperierkanalabschnitt 7 und wenigstens ein zweiter Temperierkanalabschnitt 8 vorgesehen sein kann. Durch den Temperierkanal 6 wird im Betrieb ein Temperiermittel geführt, zum Beispiel ein Kühlmittel. Die Temperieranordnung 1 weist dazu eine nicht näher dargestellte Temperiervorrichtung auf, die den Fluss von Temperiermittel durch den Temperierkanal 6 bewirkt.

**[0027]** In der schematischen Schnittdarstellung ist beispielhaft eine Strömungsrichtung für ein Temperiermittel anhand von Pfeilen 9 dargestellt. Grundsätzlich kann die Strömungsrichtung auch umgekehrt erfolgen, sodass die mit der Strömungsrichtung zusammenhängenden Begriffe auch entsprechend geändert werden können. In der **Fig. 1** dargestellten Strömungsrichtung weist der Rotorgrundkörper 4 eine erste Seite bzw. eine „Zuführseite“ auf, durch die Temperiermittel, insbesondere Kühlmittel, beispielsweise Wasser oder Öl, in die Rotorwelle 5 eingebracht werden kann. An einer der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite des Rotorgrundkörpers 4 ist ein Führungselement 10 vorgesehen, durch das das Temperiermittel in die zweiten Temperierkanalabschnitte 8 umgelenkt bzw. in diese eingebracht werden kann.

**[0028]** Da die Rotorwelle 5 im Betrieb der elektrischen Maschine 2 um ihre Drehachse gedreht wird, wird das Temperiermittel innerhalb der Rotorwelle 5 an der Innenfläche geführt, da das Temperiermittel aufgrund der Zentrifugalkraft nach radial außen beschleunigt wird. Durch das Führungselement 10 wird das Temperiermittel somit aufgestaut und in die zweiten Temperierkanalabschnitte 8 eingebracht. Hierbei ändert sich die Strömungsrichtung des Temperiermittels, da innerhalb der Rotorwelle 5 das Temperiermittel in einer ersten Strömungsrichtung bzw. ersten Axialrichtung strömt, beispielsweise in **Fig. 1** von links nach rechts und in den zweiten Temperierkanalabschnitten 8 das Temperiermittel entlang einer zweiten Strömungsrichtung bzw. zweiten Axialrichtung strömt, beispielsweise in **Fig. 1** von rechts nach links.

**[0029]** Der Rotor 3 weist ferner einen Umlenkabschnitt 11 auf, der eine weitere Umlenkung des Temperiermittels innerhalb des Rotorgrundkörpers 4 vornimmt. Das Temperiermittel wird zum einen von dem radial innenliegenden zweiten Temperierkanalabschnitt 8 nach radial außen geführt, nämlich auf die Radialposition des ersten Temperierkanalabschnitts 7. Ferner wird die Strömungsrichtung erneut umgekehrt, sodass das Temperiermittel in den ersten Temperierkanalabschnitten 7 wiederum in der ersten Strömungsrichtung bzw. der ersten Axialrichtung strömt, nämlich in **Fig. 1** von links nach rechts. Temperiermittel, das aus den ersten Temperierkanalabschnitten 7 austritt, kann abgeschleudert werden und beispielsweise auf Wickelköpfe der elektrischen Maschine 2 geführt werden. Optional kann ebenso vorgesehen sein, dass ein alternativer Fluidpfad aus der Rotorwelle 5 direkt auf die Wickelköpfe führt. Da das Temperiermittel innerhalb der Rotorwelle 5 teilweise angestaut wird, ist eine beliebige Verteilung möglich.

**[0030]** Wie bereits beschrieben, befinden sich die zweiten Temperierkanalabschnitte 8 und die ersten Temperierkanalabschnitte 7 auf unterschiedlichen Radialpositionen. In **Fig. 2** ist eine schematische Querschnittsdarstellung des Rotorgrundkörpers 4 abgebildet. Rein beispielhaft erstrecken sich die ersten Temperierkanalabschnitte 7 in Axialrichtung in einem ersten Radialbereich 12 und die zweiten Temperierkanalabschnitte 8 sind in einem zweiten Radialbereich 13 angeordnet, der bezogen auf den ersten Radialbereich 12 näher an der Drehachse des Rotorgrundkörpers 4 liegt. Mit anderen Worten kann sich ein erster Radialbereich 12 lediglich beispielhaft von einer Außenfläche 14 des Rotorgrundkörpers 4 bis zu einer beliebigen Radialposition 15 erstrecken, der beispielsweise durch die innere Radialpositionen der ersten Temperierkanalabschnitte 7 bzw. einem radial innenliegenden Abschnitt eines der Magnetelemente 16, die in dem Rotorgrundkörper 4 angeordnet sind, definiert wer-

den kann. Dementsprechend kann der zweite Radialbereich 13 sich von der beliebig definierten Radialposition 15 bis zu einer Innenfläche 17 des Rotorgrundkörpers 4 erstrecken.

**[0031]** In jedem Fall sind die Magnetelemente 16 sowie die ersten Temperierkanalabschnitte 7 in dem ersten Radialbereich 12 angeordnet und die zweiten Temperierkanalabschnitte 8 sind in dem zweiten Radialbereich 13 angeordnet und liegen somit in Radialrichtung innen bezogen auf die ersten Temperierkanalabschnitte 7. Vorteilhafterweise ist es somit möglich, Wärme von den Mangeteementen 16 direkt durch Temperiermittel abzuführen, das gezielt durch die ersten Temperierkanalabschnitte 7 geführt wird, die nahe an den Mangeteementen 16 angeordnet sind.

**[0032]** Würde stattdessen, wie im Stand der Technik üblich, Temperiermittel lediglich durch die Rotorwelle 5 geführt, ist eine Wärmeabfuhr auf thermische Pfade beschränkt, die sich radial von den Mangeteementen 16 durch den gesamten Rotorgrundkörper 4 bis zur Innenfläche 17 und durch die Wand der Rotorwelle 5 erstrecken. Demgegenüber können vorliegend deutlich kürzere thermische Pfade erreicht werden, indem die ersten Temperierkanalabschnitte 7 auf derselben Radialposition bzw. in demselben ersten Radialbereich 12 angeordnet werden, in dem auch die Magnetelemente 16 angeordnet sind.

**[0033]** Wie bereits beschrieben, weist der Rotorgrundkörper 4 eine beliebige Anzahl erster Temperierkanalabschnitte 7 auf. In diesem Ausführungsbeispiel sind drei sich in Axialrichtung erstreckende erste Temperierkanalabschnitte 7 vorgesehen. Hierbei kann grundsätzlich die Anzahl und die Geometrie, insbesondere die Größe bzw. Querschnittsform und -fläche der ersten Temperierkanalabschnitte 7 von der Anzahl, dem Querschnitt und der Größe der zweiten Temperierkanalabschnitte 8 abweichen. Insbesondere ist der Querschnitt der ersten Temperierkanalabschnitte 7 deutlich größer gewählt, sodass die Strömungsgeschwindigkeit in den ersten Temperierkanalabschnitten 7 entsprechend eingestellt werden kann, um die Abfuhr von Wärme von den Mangeteementen 16 zu verbessern.

**[0034]** In dem gezeigten Ausführungsbeispiel weist der Rotorgrundkörper 4 genau drei Temperierkanalabschnitte 7 auf. Diese sind in Umfangsrichtung betrachtet abwechselnd mit Zugankern 18 angeordnet, sodass sich in Umfangsrichtung jeweils einer der drei Temperierkanalabschnitte 7 mit einem der drei Zuganker 18 abwechselt. Die Zuganker 18 sind in diesem Ausführungsbeispiel somit ebenfalls in dem ersten Radialbereich 12 angeordnet. Die Zuganker 18 bewirken auf den Rotorgrundkörper 4 eine Axialkraft, sodass die einzelnen Rotorlamellen aneinan-

der gepresst werden und somit alternative Fluidpfade in Radialrichtung unterbunden werden. Stattdessen wird sichergestellt, dass das gesamte Temperiermittel durch den Temperierkanal 6 strömt.

**[0035]** Die zuvor beschriebenen Magnetelemente 16 sind optional jeweils gruppenweise angeordnet, nämlich in Magnetelementgruppen 19. Zwischen den Magnetelementgruppen 19 ist jeweils ein Zwischenraum 20 ausgebildet. Die Magnetelemente 16 jeder Magnetelementgruppen 19 sind im Wesentlichen V-förmig angeordnet, sodass die Zwischenräume 20 eine umgekehrte V-Form, das heißt im Wesentlichen eine Dreiecksform, ausbilden. In jedem Zwischenraum 20 ist entweder ein erster Temperierkanalabschnitt 7 oder ein Zuganker 18 angeordnet. Durch die verbesserte Temperierung bzw. insbesondere Kühlung, der Magnetelemente 16 ist es möglich, Magnetelemente 16 zu verwenden, die einen gegenüber dem Stand der Technik reduzierten Anteil an schweren seltenen Erden aufweisen. Durch die gezielte Temperierung der Magnetelemente 16 können Magnetelemente 16 verwendet werden, die einen Anteil geringer als 5% an schweren seltenen Erden aufweisen, insbesondere geringer als 1%. Alternativ ist es ebenso möglich, Magnetelemente 16 zu verwenden, die einen dem Stand der Technik üblichen Anteil von schweren seltenen Erden aufweisen, wobei die Leistungsfähigkeit der elektrischen Maschine 2 durch die direkte Temperierung der Magnetelemente 16 entsprechend erhöht werden kann.

**[0036]** Fig. 3, Fig. 4 zeigen schematisch einen Fluss von Temperiermittel durch die Temperieranordnung 1 in Form einer Negativdarstellung, d.h., dass lediglich mögliche Fluidpfade des Temperiermittels isoliert dargestellt sind. Zur Verdeutlichung werden die Bezugszeichen der die Fluidpfade begrenzenden Bauteile verwendet. Hierbei ist die Fließrichtung wieder schematisch durch die Pfeile 9 dargestellt. Wie bereits beschrieben, kann grundsätzlich die Strömungsrichtung bzw. die Fließrichtung auch umgekehrt werden.

**[0037]** Die Rotorwelle 5 kann grundsätzlich beliebig geformt sein, beispielsweise einen Kreisrunden bzw. zylindrischen Querschnitt aufweisen. In dem in Fig. 5 gezeigten Ausführungsbeispiel wird beispielhaft eine Polygonwelle als Rotorwelle 5 verwendet, da dies insbesondere für die mechanischen Eigenschaften der elektrischen Maschine 2 vorteilhaft sein kann. Wird eine solche Polygonwelle als Rotorwelle 5 verwendet, bilden sich zwischen der Innenfläche 17 des Rotorgrundkörpers 4 und der Außenfläche der Rotorwelle 5 Abstandsräume 21 aus, in denen ein thermischer Kontakt zwischen dem Temperiermittel, das in der Rotorwelle 5 geführt wird, und dem Rotorgrundkörper 4 reduziert bzw. unterbrochen ist. In einer solchen Ausführungsform, bei der die Rotorwelle 5 als Polygonwelle ausgeführt ist, verbessert die Verwen-

derung erster Temperierkanalabschnitte 7 nahe an den Mangeteilelementen 16 die Abführung von Wärme weiter.

**[0038]** Die in den einzelnen Ausführungsbeispielen gezeigten Vorteile, Einzelheiten und Merkmale sind beliebig untereinander austauschbar, aufeinander übertragbar und miteinander kombinierbar.

#### Bezugszeichen

1	Temperieranordnung
2	elektrische Maschine
3	Rotor
4	Rotorgrundkörper
5	Rotorwelle
6	Temperierkanal
7	erster Temperierkanalabschnitt
8	zweiter Temperierkanalabschnitt
9	Pfeil
10	Führungselement
11	Umlenkabschnitt
12	erster Radialbereich
13	zweiter Radialbereich
14	Außenfläche
15	Radialposition
16	Magnetelement
17	Innenfläche
18	Zuganker
19	Magnetelementgruppe
20	Zwischenraum
21	Abstandsraum

#### Patentansprüche

1. Rotor (3) für eine elektrische Maschine (2), insbesondere eine elektrische Maschine (2) eines Kraftfahrzeugs, umfassend einen mit einer Rotorwelle (5) gekoppelten oder koppelbaren Rotorgrundkörper (4), insbesondere umfassend eine Vielzahl an in Axialrichtung benachbart angeordneten Rotorlamellen, wobei in dem Rotorgrundkörper (4) Magnetelemente (16), insbesondere Permanentmagnete, angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Magnetelemente (16) in einem sich in Umfangsrichtung des Rotorgrundkörpers (4) erstreckenden ersten Radialbereich (12) angeordnet sind und der Rotorgrundkörper (4) wenigstens einen in Axialrichtung in dem ersten Radialbereich (12) verlaufenden

Temperierkanalabschnitt (7, 8) eines Temperierkanals (6) aufweist.

2. Rotor (3) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Temperierkanal (6) wenigstens einen ersten Temperierkanalabschnitt (7) aufweist, der sich axial durch den Rotorgrundkörper (4) in dem ersten Radialbereich (12) erstreckt, in welchem ersten Radialbereich (12) die Magnetelemente (16) angeordnet sind, wobei der Temperierkanal (6) wenigstens einen zweiten Temperierkanalabschnitt (8) aufweist, der sich axial durch den Rotorgrundkörper (4) in einem zweiten Radialbereich (13) erstreckt, wobei der zweite Radialbereich (13) näher an der Drehachse der Rotorwelle (5) angeordnet ist als der erste Radialbereich (12).

3. Rotor (3) nach Anspruch 2, **gekennzeichnet durch** ein an einer, insbesondere einer Zuführseite des Rotors (3) abgewandten, Seitenfläche angeordnetes Führungselement (10), das dazu ausgebildet ist, einen Zuführkanal mit dem zweiten Temperierkanalabschnitt (8) zu verbinden.

4. Rotor (3) nach Anspruch 2 oder 3, **gekennzeichnet durch** einen, insbesondere auf der Zuführseite des Rotorgrundkörpers (4) angeordneten, Umlenkabschnitt (11), der dazu ausgebildet ist, den wenigstens einen zweiten Temperierkanalabschnitt (8) mit dem wenigstens einen ersten Temperierkanalabschnitt (7) zu verbinden.

5. Rotor (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rotorwelle (5) als Zylinderwelle oder als Polygonwelle ausgebildet ist.

6. Rotor (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rotorgrundkörper (4) wenigstens einen, insbesondere wenigstens drei in Umfangsrichtung verteilte, Zuganker (18) aufweist, welcher Zuganker (18) dazu ausgebildet ist, die Rotorlamellen des Rotorgrundkörpers (4) mit einer Axialkraft zu beaufschlagen.

7. Rotor (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Magnetelemente (16) zu einer Magnetelementgruppe (19) angeordnet sind, wobei zwischen jeweils zwei Magnetelementgruppen (19) ein, insbesondere V-förmiger, Umfangsabschnitt ausgebildet ist, in dem wenigstens ein erster Temperierkanalabschnitt (7) angeordnet ist.

8. Rotor (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Magnetelemente (16) einen Anteil seltener Erden unterhalb einer Obergrenze aufweisen, wobei die Obergrenze 1-5%, insbesondere 1%, beträgt.



9. Temperieranordnung (1), umfassend eine elektrische Maschine (2) mit einer Rotor (3) nach einem der vorangehenden Ansprüche und eine mit dem Rotor (3) der elektrischen Maschine (2) gekoppelte Temperiervorrichtung.

10. Kraftfahrzeug, umfassend eine Temperieranordnung (1) nach dem vorangehenden Anspruch.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

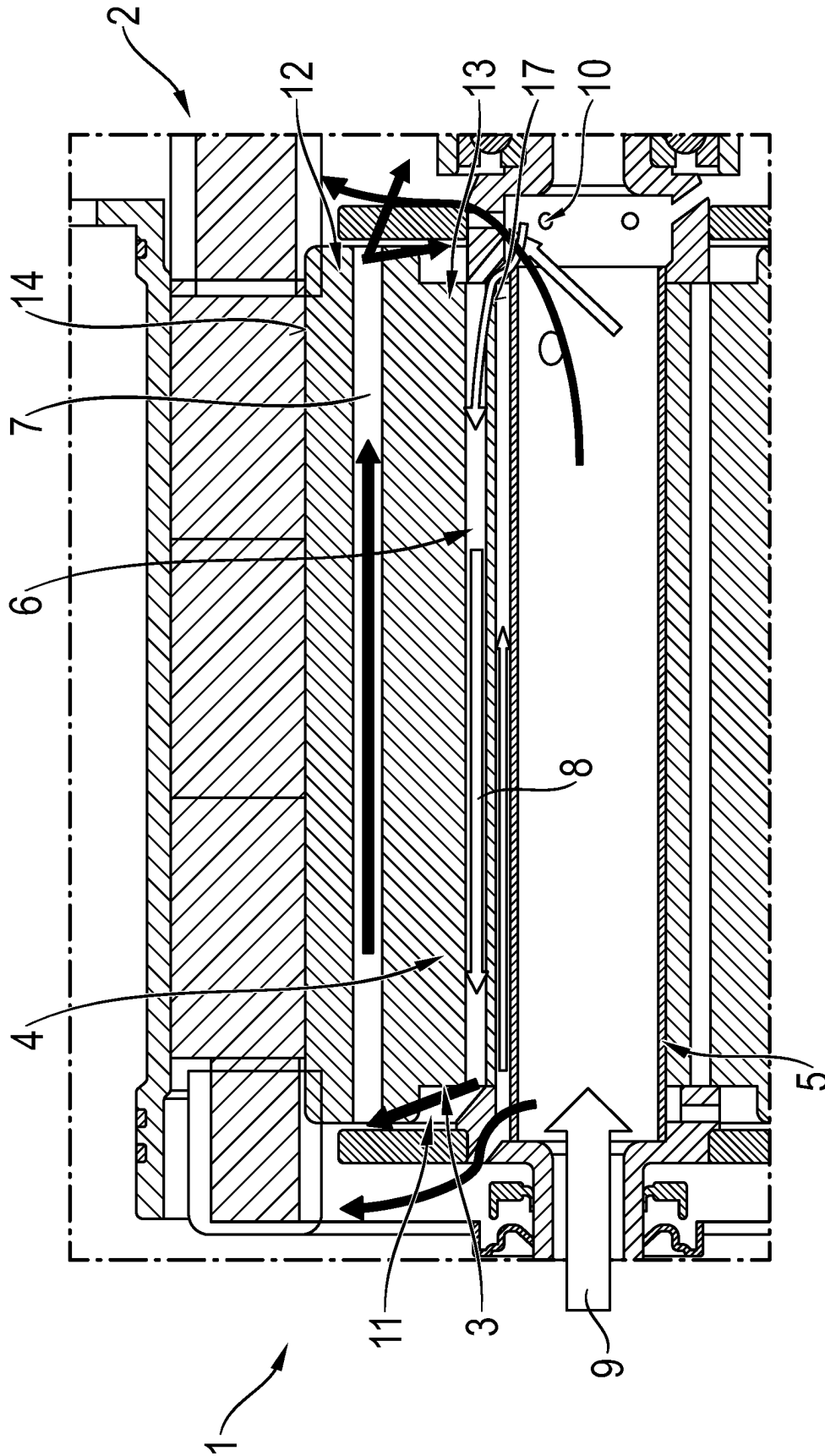


Fig. 1

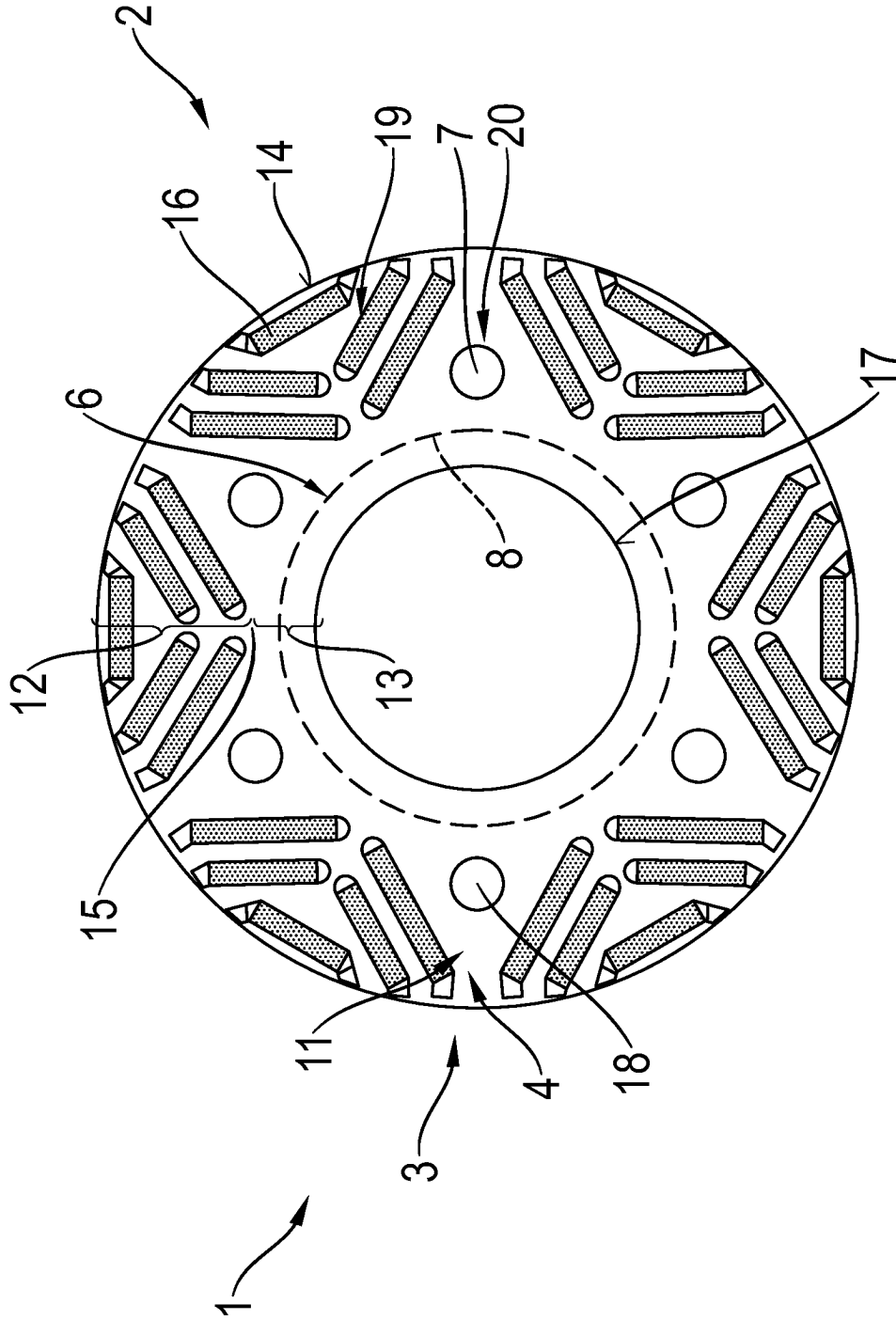


Fig. 2

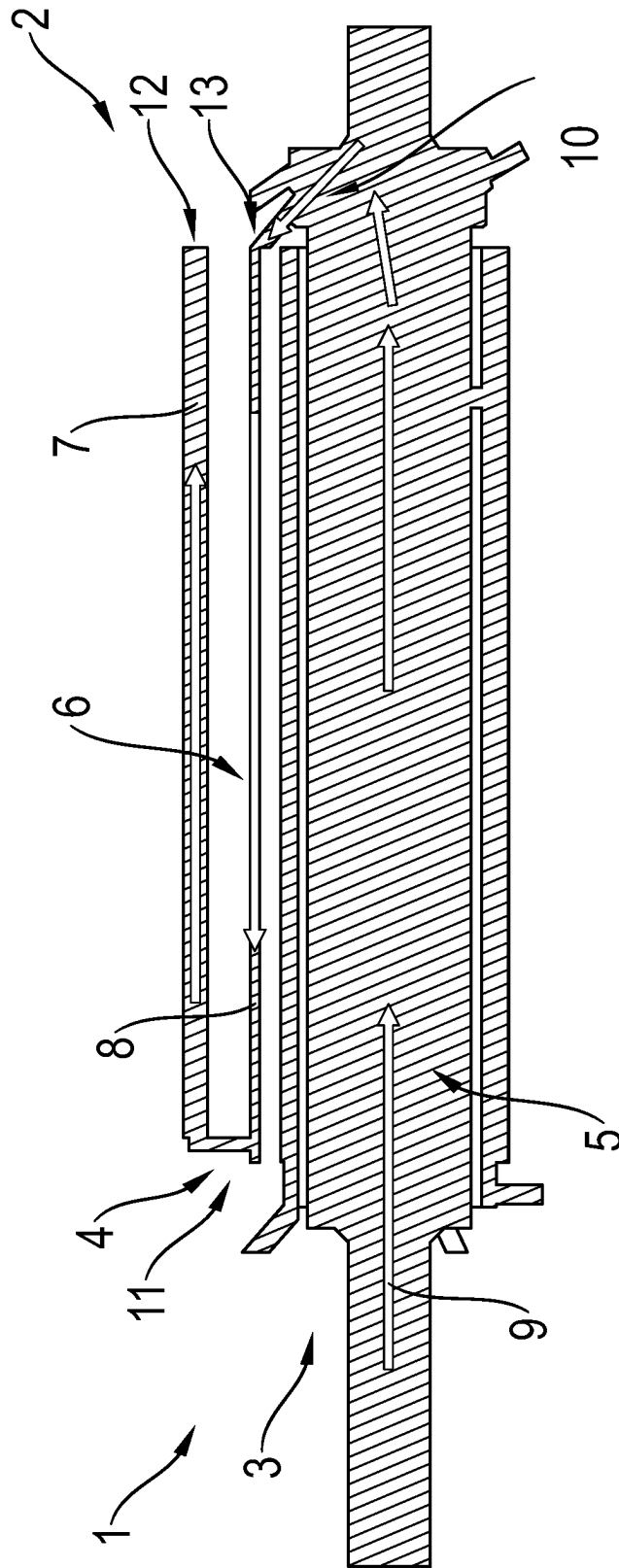


Fig. 3

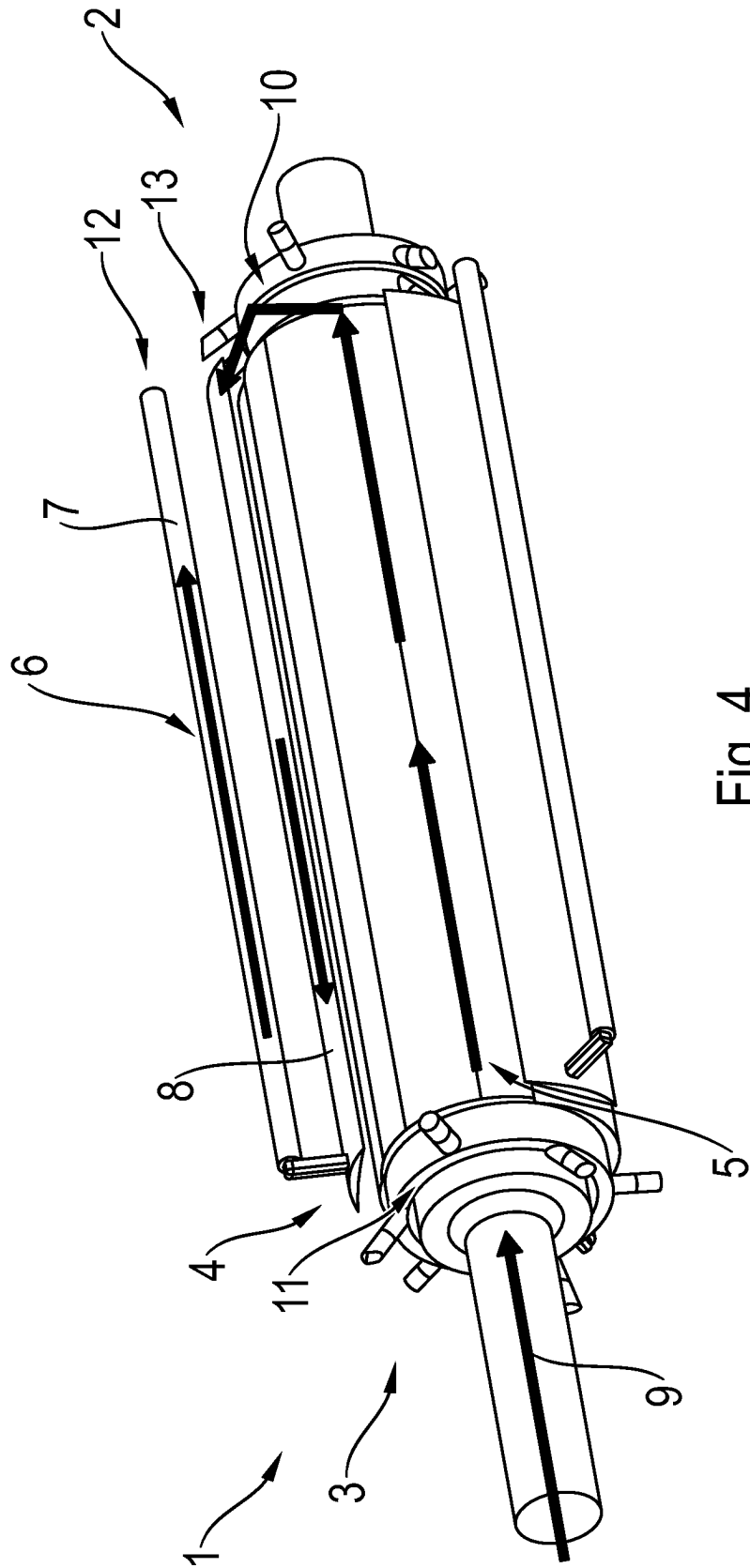


Fig. 4

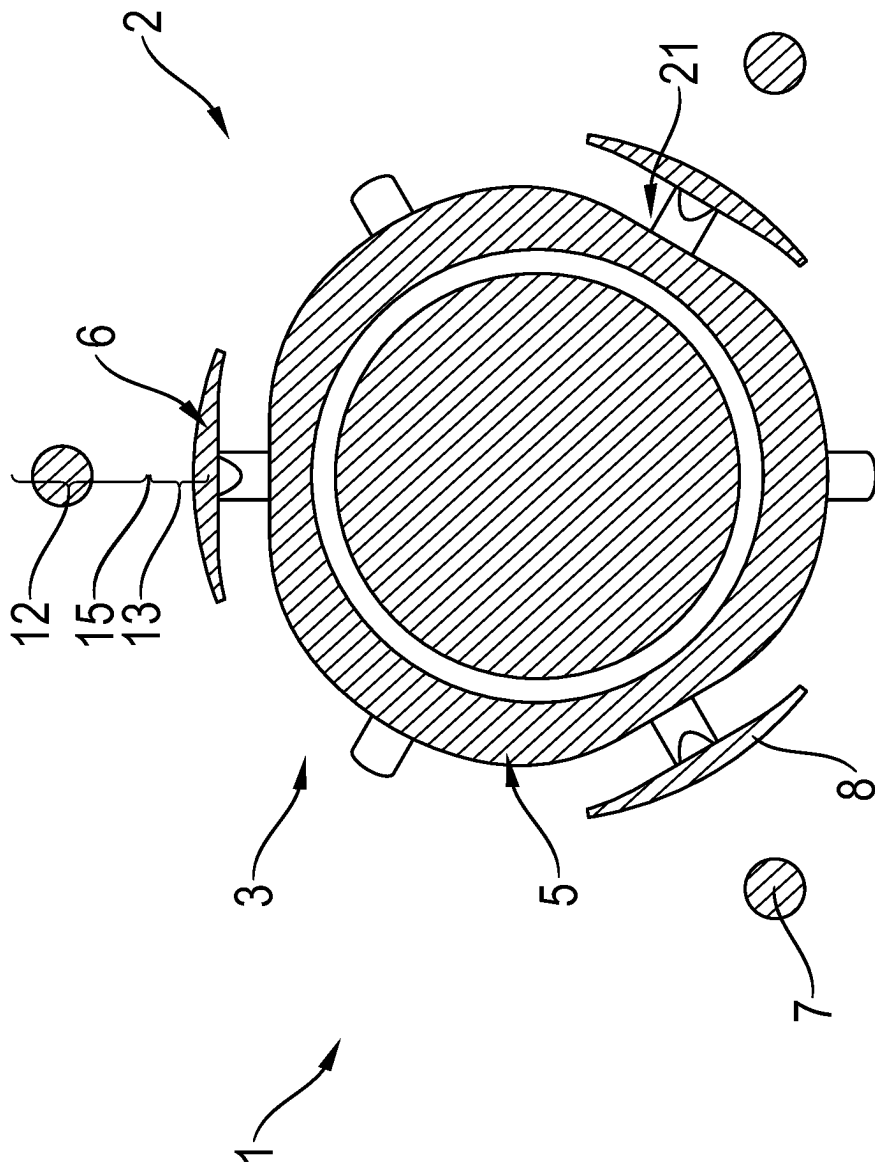


Fig. 5