

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
03. Januar 2019 (03.01.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/002291 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 1/20 (2006.01) *H02K 9/22* (2006.01)
H02K 3/24 (2006.01) *H02K 3/48* (2006.01)
H02K 5/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/067108

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Juni 2018 (26.06.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 210 785.5
27. Juni 2017 (27.06.2017) DE

(71) Anmelder: MAHLE INTERNATIONAL GMBH
[DE/DE]; Pragstraße 26-46, 70376 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: HOERZ, Mirko; Mittlere Beutau 11, 73728
Esslingen (DE). STEURER, Hans-Ulrich; Erwin-Hage-
loh-Str. 14a, 70376 Stuttgart (DE). SONNTAG, Josef;
Schellingstr. 21, 72622 Nürtingen (DE). MARKIC, Sto-
jan; Podsabotin 8, 5211 Kojsko (SI). LICEN, Andrej; Bran-
nik 226, 5295 Branik (SI). MEDVESCEK, Aleks; Zigoni
117, 5292 Rence (SI). SEVER, Peter; Krog Murska ulica
19, 9000 Murska Sobota (SI). GRABHERR, Philip; Ho-
henloher Str. 66, 70435 Stuttgart (DE).

(74) Anwalt: BRP RENAUD UND PARTNER MBB; König-
straße 28, 70173 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: ELECTRICAL MACHINE, IN PARTICULAR FOR A VEHICLE

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE MASCHINE, INSBESONDERE FÜR EIN FAHRZEUG

(57) Abstract: The invention relates to an electrical machine (1), in particular for a vehicle, comprising: a rotor (3), which can be rotated about an axis of rotation (D), by means of which an axial direction (A) of the electrical machine (1) is defined; a stator (2), which has stator windings (6); and at least one cooling channel (10), preferably a plurality of cooling channels (10), through which a coolant (K) can flow, wherein the stator (2) has stator teeth (8), which extend along the axial direction (A) and are spaced apart from each other along a circumferential direction (U) and which bear the stator windings (6), at least one stator winding (6) is embedded in an electrically insulating plastic (11) for thermal coupling, the electrically insulating plastic (11) is arranged, together with the at least one stator winding (6), in at least one intermediate space (9), which is formed between two stator teeth (8) adjacent in the circumferential direction (U), and the electrically insulating plastic (11) is formed by a first plastic mass (11a) of a first plastic material and by a second plastic mass (11b) of a second plastic material.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine (1), insbesondere für ein Fahrzeug, - mit einem Rotor (3), der um eine Rotationsachse (D) drehbar ist, durch welche eine axiale Richtung (A) der elektrischen Maschine (1) definiert ist, und mit einem Stator (2), der Statorwicklungen (6) aufweist, - mit zumindest einem, vorzugsweise einer Mehrzahl, von einem Kühlmittel (K) durchströmbareren Kühlkanal/Kühlkanälen (10), - wobei der Stator (2) sich entlang der axialen Richtung (A) erstreckende und entlang einer Umfangsrichtung (U) beabstandet zueinander angeordnete Statorzähne (8) besitzt, welche die Statorwicklungen (6) tragen, - wobei zumindest eine Statorwicklung (6) zur thermischen Kopplung in einen elektrisch isolierenden Kunststoff (11) eingebettet ist, - wobei der elektrisch isolierende Kunststoff (11) mit der zumindest einen Statorwicklung (6) in zumindest einem Zwischenraum (9) angeordnet ist, der zwischen zwei in der Umfangsrichtung (U) benachbarten Statorzähnen (8) ausgebildet ist, - wobei der elektrisch isolierende Kunststoff (11) durch eine erste Kunststoffmasse (11a) aus einem ersten Kunststoffmaterial und durch eine zweite Kunststoffmasse (11b) aus einem zweiten Kunststoffmaterial gebildet ist.

WO 2019/002291 A1

Elektrische Maschine, insbesondere für ein Fahrzeug

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, insbesondere für ein Fahrzeug, sowie ein Fahrzeug mit einer solchen Maschine.

Bei einer derartigen elektrischen Maschine kann es sich allgemein um einen Elektromotor oder um einen Generator handeln. Die elektrische Maschine kann als Außenläufer oder als Innenläufer ausgebildet sein.

Eine gattungsgemäße Maschine ist beispielsweise aus der US 5,214,325 bekannt. Sie umfasst ein Gehäuse, das einen Innenraum umgibt und das einen in einer Umfangsrichtung des Gehäuses umlaufenden, den Innenraum radial begrenzenden Mantel, axial einerseits eine den Innenraum axial begrenzende Rückseitenwand und axial andererseits eine den Innenraum axial begrenzende Vorderseitenwand aufweist. Fest mit dem Mantel ist ein Stator der Maschine verbunden. Im Stator ist ein Rotor der Maschine angeordnet, wobei eine Rotorwelle des Rotors über ein vorderes Wellenlager an der Vorderseitenwand drehbar gelagert ist.

Typischerweise umfasst der Stator einer herkömmlichen elektrischen Maschine Statorwicklungen, die im Betrieb der Maschine elektrisch bestromt werden. Dabei entsteht Wärme, die zur Vermeidung einer Überhitzung und einer damit verbundenen Beschädigung oder gar Zerstörung des Stators abgeführt werden muss. Hierzu ist es aus herkömmlichen elektrischen Maschinen bekannt, diese mit einer Kühleinrichtung zum Kühlen des Stators – insbesondere besagter Statorwicklungen – auszustatten. Eine solche Kühleinrichtung umfasst einen oder mehrere Kühlkanäle, die von einem Kühlmittel durchströmt werden und in der Nähe der

Statorwicklungen im Stator angeordnet sind. Durch Wärmeübertragung von den Statorwicklungen auf das Kühlmittel kann Wärme vom Stator abgeführt werden.

Als nachteilig erweist sich dabei, dass ein effizienter Wärmeübergang vom Stator auf das durch den jeweiligen Kühlkanal strömende Kühlmittel mit erheblichem konstruktiven Aufwand verbunden ist. Dies wirkt sich jedoch nachteilig auf die Herstellungskosten der elektrischen Maschine aus.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Ausführungsform für eine elektrische Maschine zu schaffen, bei welcher dieser Nachteil weitgehend oder gar vollständig beseitigt ist. Insbesondere soll eine verbesserte Ausführungsform für eine elektrische Maschine geschaffen werden, welche sich durch eine verbesserte Kühlung der Statorwicklungen des Stators bei gleichzeitig geringen Herstellungskosten auszeichnet.

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

Grundidee der Erfindung ist demnach, die Statorwicklungen einer elektrischen Maschine zum Kühlen der Statorwicklungen in einen elektrisch isolierenden Kunststoff einzubetten, der durch zwei verschiedene Kunststoffmassen unterschiedlicher thermischer Leitfähigkeit gebildet wird.

Somit kann der Kunststoff als wärmeübertragendes Medium zur Übertragung von Wärme von den Statorwicklungen auf das durch einen Kühlkanal strömende Kühlmittel einerseits und als elektrischer Isolator für die Statorwicklungen andererseits wirken. Auf diese Weise wird insbesondere ein besonders guter Wärmeübergang zwischen den Statorwicklungen und dem durch den Kühlkanal geführ-

ten Kühlmittel hergestellt. Durch Verwendung eines elektrisch isolierenden Kunststoffs wird außerdem gewährleistet, dass die zu kühlenden Statorwicklungen durch den Kunststoff nicht auf unerwünschte Weise elektrisch kurzgeschlossen werden.

Die Verwendung zweier Kunststoffmassen aus Kunststoffmaterialien unterschiedlicher thermischer Leitfähigkeit erlaubt es, in Bereichen, in welchen zur Wärmeabführung eine besonders hohe thermische Leitfähigkeit erforderlich ist, auf ein teures Kunststoffmaterial mit hoher thermischer Leitfähigkeit zurückzugreifen. In Bereichen, in welchen keine hohe thermische Leitfähigkeit erforderlich ist, kann hingegen auf einen – typischerweise kostengünstiger zu beschaffenden – Kunststoff zurückgegriffen werden. Diese Vorgehensweise führt im Ergebnis zu erheblichen Kostenvorteilen bei der Herstellung der elektrischen Maschine.

Die direkte thermische Ankopplung des Kühlkanals mit dem Kühlmittel an die zu kühlenden Statorwicklungen mithilfe der erfindungswesentlichen Einbettung der Statorwicklung(en) in einen elektrisch isolierenden Kunststoff führt zu einer besonders effektiven Kühlung der Statorwicklungen. Somit kann auch in einem Hochlastbetrieb der elektrischen Maschine sichergestellt werden, dass die anfallende Abwärme vom Stator abgeführt werden kann. Eine Beschädigung oder gar Zerstörung der elektrischen Maschine durch Überhitzung des Stators kann somit vermieden werden.

Die Herstellung des elektrisch isolierenden Kunststoffs kann bevorzugt mittels Spritzgießens erfolgen, bei welchem die zu kühlenden Statorwicklungen sowie optional auch der Kühlkanal zur Ausbildung der beiden Kunststoffmassen mit dem Kunststoff umspritzt werden. Die Einbettung der Statorwicklung in die Kunststoffmassen gestaltet sich daher sehr einfach, obwohl zwei unterschiedliche Kunststoffmaterialien verwendet werden. Auch daraus ergeben sich Kostenvorteile bei

der Herstellung der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine. Ein weiterer Vorteil der hier vorgeschlagenen Lösung besteht darin, dass die zweite Kunststoffmasse als zusätzliche elektrische Isolation zwischen den Statorwicklungen und dem Statorkörper wirken kann. Für den Fall, dass - fertigungsbedingt – nicht alle Statorwicklungen vollständig in die erste Kunststoffmasse eingebettet werden können, verhindert die zweite Kunststoffmasse in jedem Fall einen etwaigen elektrischen Kurzschluss mit dem elektrisch leitenden Material des Statorkörpers.

Eine erfindungsgemäße elektrische Maschine, insbesondere für ein Fahrzeug, umfasst einen Rotor, der um eine Rotationsachse drehbar ist, durch welche wiederum eine axiale Richtung der elektrischen Maschine definiert ist. Die Maschine umfasst weiterhin einen Stator, der Statorwicklungen aufweist. Der Stator besitzt sich entlang der axialen Richtung erstreckende und entlang einer Umfangsrichtung beabstandet zueinander angeordnete Statorzähne, welche die Statorwicklungen tragen. Die Maschine umfasst ferner zumindest einen von einem Kühlmittel durchströmbaren Kühlkanal, vorzugsweise eine Mehrzahl solcher Kühlkanäle. Zumindest eine Statorwicklung ist zur thermischen Kopplung in einen elektrisch isolierenden Kunststoff eingebettet. Dabei ist der elektrisch isolierende Kunststoff mit der zumindest einen Statorwicklung in zumindest einem Zwischenraum angeordnet, der zwischen zwei in der Umfangsrichtung benachbarten Statorzähnen ausgebildet ist. Erfindungsgemäß ist der elektrisch isolierende Kunststoff durch eine erste Kunststoffmasse aus einem ersten Kunststoffmaterial und durch eine zweite Kunststoffmasse aus einem zweiten Kunststoffmaterial gebildet.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die thermische Leitfähigkeit des ersten Kunststoffmaterials größer als die thermische Leitfähigkeit des zweiten Kunststoffmaterials. Alternativ dazu kann die thermische Leitfähigkeit des ersten Kunststoffmaterials kleiner als die thermische Leitfähigkeit des zweiten Kunststoffmaterials sein. Alternativ zu diesen beiden Varianten ist es aber auch denk-

bar, dass die thermische Leitfähigkeit des ersten Kunststoffmaterials gleich der thermischen Leitfähigkeit des zweiten Kunststoffmaterials ist.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst die elektrische Maschine einen Kühlmittelverteilterraum und einen axial im Abstand zu diesem angeordneten Kühlmittelsammlerraum. Bei dieser Weiterbildung kommuniziert der Kühlmittelverteilterraum zum Kühlen der Statorwicklungen mittels des wenigstens einen von dem Kühlmittel durchströmbaren Kühlkanals fluidisch mit dem Kühlmittelsammlerraum. Auf diese Weise kann das Kühlmittel effektiv auf die einzelnen Kühlkanäle verteilt werden. Dies gilt auch, wenn zwei oder mehr Kühlkanäle vorgesehen sind.

Besonders bevorzugt ist der Kühlmittelverteilterraum und/oder Kühlmittelsammlerraum ausschließlich in einer axialen Verlängerung des Stators benachbart zu diesem angeordnet. Bevorzugt ragen der Kühlmittelverteilterraum bzw. der Kühlmittelsammlerraum entlang einer radialen Richtung bzw. Stators nicht über diesen hinaus. Diese Variante benötigt besonders wenig Bauraum.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist in zumindest einem Zwischenraum zumindest eine Statorwicklung in die erste Kunststoffmasse aus dem ersten Kunststoffmaterial eingebettet. Des Weiteren ist die erste Kunststoffmasse mit der darin eingebetteten Statorwicklung in die zweite Kunststoffmasse aus dem zweiten Kunststoffmaterial eingebettet oder in der in die zweite Kunststoffmasse angeordnet oder von dieser zumindest teilweise oder vollständig umgeben. Diese Maßnahme stellt einen besonders guten Wärmeübergang zwischen den Statorwicklungen und dem Kühlkanal sicher. Darüber hinaus kann besagter Zwischenraum zwischen den Statorzähnen bei der Herstellung der Kunststoffmassen in der Art einer Gussform verwendet werden, in welche die beiden Kunststoffmassen eingespritzt werden. Dies vereinfacht die Herstellung der Kunststoffmassen, da die Bereitstellung einer separaten Gussform entfallen kann.

Besonders bevorzugt ist in wenigstens zwei Zwischenräumen, vorzugsweise in allen Zwischenräumen, die erste und zweite Kunststoffmasse angeordnet.

Zweckmäßig umfasst das erste Kunststoffmaterial einen Duroplasten oder ist ein Duroplast. Alternativ oder zusätzlich kann das zweite Kunststoffmaterial einen Thermoplasten umfassen oder ein Thermoplast sein. Mit der Verwendung eines Duroplasten mit reduzierter thermischer Leitfähigkeit in denjenigen Bereichen, die betreffend Wärmeübertragung als weniger kritisch anzusehen sind, gehen reduzierte Herstellungskosten einher.

Denkbar ist in einer alternativen Variante aber auch, dass das erste Kunststoffmaterial einen Thermoplasten umfasst oder ein Thermoplast ist und dass das zweite Kunststoffmaterial einen Duroplasten umfasst oder ein Duroplast ist.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist wenigstens ein Kühlkanal in der Kunststoffmasse angeordnet. Diese Maßnahme stellt einen besonders effektiven Wärmeübergang zwischen den Statorwicklungen und dem Kühlkanal sicher, da sich der im Zwischenraum angeordnete Kühlkanal in unmittelbarer Nachbarschaft zu den kühlenden Statorwicklungen befindet.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der zumindest eine Kühlkanal durch wenigstens einen, vorzugsweise durch mehrere, in dem elektrisch isolierenden Kunststoff, vorzugsweise in der zweiten Kunststoffmasse, vorgesehene(n) und von dem Kühlmittel durchströmbaren Durchbruch/ Durchbrüche gebildet. Diese Variante ist technisch besonders einfach zu realisieren und daher besonders kostengünstig.

Besonders bevorzugt umgibt oder umhüllt die zweite Kunststoffmasse in einem Querschnitt senkrecht zur axialen Richtung zumindest einen Durchbruch, vorzugsweise alle Durchbrüche, vollständig. Auf diese Weise kann der den Kühlkanal bildende Durchbruch besonders gut thermisch an die Statorwicklungen angekoppelt werden.

Zweckmäßig kann zumindest ein Durchbruch in einem Querschnitt senkrecht zur axialen Richtung die Geometrie eines Rechtecks mit zwei Breitseiten und zwei Schmalseiten aufweisen. Auf diese Weise wird dem Durchbruch die vorteilhafte Geometrie eines Flachrohrs verliehen, welche wiederum eine bauraumsparende Anordnung des Kühlkanals in unmittelbarer Nähe der zu kühlenden Statorwicklung(en) erlaubt.

Bevorzugt ist der zumindest eine Kühlkanal von der zweiten Kunststoffmasse umhüllt oder umgeben. Auf diese Weise wird eine besonders gute thermische Verbindung des durch den Kühlkanal strömenden Kühlmittels mit der Statorwicklung sichergestellt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind der Kühlmittelverteilterraum und/oder der Kühlmittelsammlerraum zur thermischen Ankopplung an die Statorwicklungen wenigstens teilweise in dem elektrisch isolierenden Kunststoff, vorzugsweise in der ersten Kunststoffmasse, angeordnet. Dies ermöglicht einen besonders guten Wärmeübergang zwischen dem Kühlmittelverteilterraum bzw. Kühlmittelsammlerraum und den Statorwicklungen, sodass auch der Kühlmittelverteilterraum bzw. der Kühlmittelsammlerraum zur direkten Aufnahme von Wärme von den Statorwicklungen verwendet werden kann.

Zweckmäßig sind die den Zwischenraum begrenzenden Oberflächenabschnitte des Stators mit der ersten Kunststoffmasse beschichtet. Diese Maßnahme stellt

eine verbesserte elektrische Isolierung der Statorwicklungen gegenüber dem Statorkörper sicher.

Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich die Beschichtung aus der zweiten Kunststoffmasse zumindest über eine entlang der axialen Richtung gemessene Gesamtlänge des jeweiligen Zwischenraums und isoliert die jeweilige Statorwicklung oder/und die erste Kunststoffmasse elektrisch vom Stator, insbesondere vom jeweiligen Statorzahn. Auf diese Weise wird entlang der axialen Richtung eine vollständige elektrische Isolierung sichergestellt.

Besonders bevorzugt umschließt die Beschichtung aus der zweiten Kunststoffmasse die betreffende Statorwicklung innerhalb des Zwischenraums über mindestens die gesamte, entlang der axialen Richtung gemessene Länge des jeweiligen Zwischenraums in Umfangsrichtung U-förmig. Auf diese Weise wird entlang der axialen Richtung eine vollständige elektrische Isolierung sichergestellt.

Besonders bevorzugt füllen die erste und die zweite Kunststoffmasse zusammen den zumindest einen Zwischenraum im Wesentlichen vollständig aus. Auf diese Weise wird die Ausbildung von unerwünschten Zwischenräumen, etwa in der Art von Luftspalten, die zu einer unerwünschten Minderung des Wärmeübergangs führen würden, vermieden.

Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform sind die erste und die zweite Kunststoffmasse jeweils eine Spritzgussmasse aus dem ersten bzw. zweiten Kunststoffmaterial. Die Anwendung eines Spritzgussverfahrens vereinfacht und beschleunigt die Erzeugung der Kunststoffmassen. Dies führt zu Kostenvorteilen bei der Herstellung der elektrischen Maschine.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst der Stator einen, vorzugsweise ringförmigen, Statorkörper, von welchem die Statorzähne abstehen können. Bei dieser Weiterbildung ist die erste Kunststoffmasse zumindest auf einer Außenumfangsseite des Statorkörpers angeordnet. Auf diese Weise kann der Stator elektrisch gegen die Umgebung der elektrischen Maschine isoliert werden. Die Bereitstellung eines separaten Gehäuses zur Aufnahme des Statorkörpers kann somit entfallen. Auch eine Beschichtung zumindest einer oder beider Stirnseiten des Statorkörpers mit der Kunststoffmasse ist in einer optionalen Variante denkbar. In einer weiteren Variante kann die Kunststoffmasse den Statorkörper, vorzugsweise vollständig, umhüllen. Besonders bevorzugt bildet die erste Kunststoffmasse auf der Außenumfangsseite eine Außenbeschichtung aus. Auf diese Weise wird der Statorkörper außenumfangsseitig elektrisch isoliert.

Zweckmäßig ragt die erste Kunststoffmasse axial, vorzugsweise beidseitig, aus dem jeweiligen Zwischenraum heraus. Somit kann die erste Kunststoffmasse auch zum teilweisen Begrenzen des Kühlmittelverteilterraums bzw. des Kühlmittelsammlerraums verwendet werden. Insbesondere kann ein im Zuge der Herstellung der Maschine erforderliches Entfernen des aus dem Zwischenraum herausragenden Teils der ersten Kunststoffmasse entfallen, womit Kostenvorteile bei der Herstellung der Maschine einhergehen.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung schlägt daher vor, dass die erste Kunststoffmasse den Kühlmittelverteilterraum und/oder den Kühlmittelsammlerraum zumindest teilweise begrenzt. Die Bereitstellung einer separaten Begrenzung für den Kühlmittelverteilterraum bzw. den Kühlmittelsammlerraum, etwa in Form eines Gehäuses, kann bei dieser Variante entfallen.

Zweckmäßig können in zumindest einem, vorzugsweise in jedem Zwischenraum, zwischen zwei jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Statorzähnen jeweils

zumindest ein Kühlkanal sowie die erste und zweite Kunststoffmasse vorgesehen sein. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass aus allen vorhandenen Statorwicklungen betriebsmäßig erzeugte Abwärme abgeführt werden kann.

Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist der zumindest eine Kühlkanal radial außerhalb oder radial innerhalb der jeweiligen Statorwicklung in dem Zwischenraum angeordnet. Dies ermöglicht eine bauraum-effiziente Anordnung des Kühlkanals nahe an den zu kühlenden Statorwicklungen, so dass die elektrische Maschine für die Kühlung der Statorwicklungen nur wenig Bauraum benötigt.

Alternativ dazu kann auch zumindest ein Kühlkanal radial außerhalb und zusätzlich zumindest ein weiterer Kühlkanal radial innerhalb der jeweiligen Statorwicklung im Zwischenraum angeordnet sein. Bei dieser Variante sind für die Kühlung der Statorwicklung also zumindest zwei Kühlkanäle vorgesehen, wodurch eine erhöhte Kühlleistung bewirkt wird.

Eine bevorzugte Ausgestaltung schlägt vor, den zumindest einen Kühlkanal als Rohrkörper auszubilden, der einen Rohrkörperinnenraum umgibt. Bei dieser Variante ist am Rohrkörper wenigstens ein Trennelement ausgeformt, welches den Rohrkörperinnenraum in wenigstens zwei fluidisch voneinander getrennte Teilkühlkanäle unterteilt. Mittels besagter Trennelemente kann der Rohrkörper ausgesteift werden, sodass sich seine mechanische Festigkeit erhöht. Der Rohrkörper kann durch ein elektrisch leitendes Material, insbesondere ein Metall, oder ein elektrisch isolierendes Material, insbesondere einen Kunststoff, gebildet sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist zumindest ein Rohrkörper, vorzugsweise alle Rohrkörper, mittels der ersten oder/und zweiten Kunststoffmasse elektrisch vom Statorkörper, insbesondere von den Statorzähnen, isoliert. Eine

unerwünschte elektrische Verbindung des Statorkörpers bzw. der Statorzähne mit dem Rohrkörper kann auf diese Weise vermieden werden.

Eine vorteilhafte Weiterbildung schlägt vor, den Rohrkörper als Flachrohr auszubilden, welches sich entlang der axialen Richtung erstreckt und in einem Querschnitt senkrecht zur axialen Richtung zwei Breitseiten und zwei Schmalseiten aufweist. Zweckmäßig erstreckt sich in dem Querschnitt senkrecht zur axialen Richtung zumindest eine Breitseite des Flachrohrs im Wesentlichen senkrecht zur radialen Richtung. Eine Länge der beiden Breitseiten kann dabei bevorzugt wenigstens das Vierfache, vorzugsweise wenigstens das Zehnfache, einer Länge der beiden Schmalseiten betragen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die zumindest eine Statorwicklung mittels der ersten oder/und zweiten Kunststoffmasse elektrisch von dem als Rohrkörper ausgebildeten Kühlkanal isoliert. Eine unerwünschte elektrische Verbindung der Statorwicklung mit dem durch den Kühlkanal strömenden Kühlmittel kann auf diese Weise vermieden werden.

Besonders bevorzugt umgibt die erste oder/und zweite Kunststoffmasse zumindest einen axial aus dem Zwischenraum herausragenden Wicklungsabschnitt der Statorwicklung zumindest teilweise und begrenzt dabei den Kühlmittelverteiler-raum oder/und den Kühlmittelsammlerraum zumindest teilweise. Somit wird dieser Wicklungsabschnitt im Betrieb der Maschine elektrisch gegenüber dem Kühlmittel isoliert. Eine unerwünschte elektrische Verbindung des Wicklungsabschnitts der Statorwicklung mit dem durch den Kühlkanal strömenden Kühlmittel kann auf diese Weise vermieden werden.

Besonders bevorzugt ist zumindest eine Statorwicklung derart ausgebildet, dass sie mittels der ersten oder/und zweiten Kunststoffmasse zumindest im Bereich in-

nerhalb des jeweiligen Zwischenraums im Betrieb der elektrischen Maschine elektrisch, vorzugsweise vollständig, vom Kühlmittel und vom Statorkörper isoliert ist. Eine unerwünschte elektrische Verbindung des Wicklungsabschnitts der Statorwicklung mit dem durch den Kühlkanal strömenden Kühlmittel kann auf diese Weise vermieden werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist zumindest ein Kühlkanal im Statorkörper angeordnet und wird durch wenigstens einen, von dem Kühlmittel durchströmbar durch einen Durchbruch gebildet. Besagter Durchbruch kann in Form einer Durchgangsbohrung realisiert sein, die mittels eines geeigneten Bohrwerkzeugs im Zuge der Herstellung der elektrischen Maschine in den Statorkörper eingebracht wird. Die Bereitstellung eines separaten Rohrkörpers o.ä. zur Begrenzung des Kühlkanals entfällt bei dieser Variante. Damit gehen reduzierte Herstellungskosten einher. Besonders bevorzugt sind mehrere solche Durchbrüche vorgesehen. Besonders bevorzugt ist der Durchbruch teilweise, besonders bevorzugt vollständig, von dem elektrisch isolierenden Kunststoff, höchst vorzugsweise von der zweiten Kunststoffmasse, begrenzt, umhüllt oder/und umgeben. Auf diese Weise kann ein unerwünschter elektrischer Kurzschluss des durch den Durchbruch strömenden Kühlmittels mit dem Statorkörper vermieden werden.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der den Kühlkanal bildende Durchbruch zum Zwischenraum hin offen ausgebildet. Dabei ist besagter Durchbruch von dem im Zwischenraum angeordneten, elektrisch isolierenden Kunststoff, vorzugsweise von der zweiten Kunststoffmasse, fluiddicht verschlossen. Bei dieser Variante sind die Durchbrüche besonders einfach zu erzeugen, womit Kostenvorteile bei der Herstellung einhergehen.

Besonders bevorzugt ist der zumindest eine Kühlkanal bzgl. der Umfangsrichtung im Bereich zwischen zwei benachbarten Statorzähnen im Statorkörper angeord-

net. Dies ermöglicht es, den Kühlkanal nahe an den zu kühlenden Statorwicklungen anzuordnen, was die Wärmeübertragung von den Statorwicklungen zum Kühlkanal. Diese Variante erweist sich zudem als besonders bauraumsparend.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind der Kühlmittelverteiler- und/oder der Kühlmittelsammlerraum durch einen zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, in der ersten Kunststoffmasse vorhandenen Hohlraum gebildet. Die Bereitstellung einer separaten Umhüllung bzw. eines Gehäuses zur Begrenzung des Kühlmittel Verteilers bzw. Kühlmittelsammlerraums kann somit entfallen. Auch mit dieser Ausführungsform gehen nicht unerhebliche Kostenvorteile einher.

Besonders bevorzugt sind zumindest zwei Kühlkanäle, vorzugsweise alle vorhandenen Kühlkanäle, derart ausgebildet, dass das im Betrieb der Maschine durch diese Kühlkanäle geführte Kühlmittel von einem ersten axialen Endabschnitt des Stators, vorzugsweise des Statorkörpers, in Richtung eines zweiten axialen Endabschnitts des Stators bzw. Statorkörpers strömt. Auch eine umgekehrte Durchströmung dieser Kühlkanäle, oder umgekehrt, also vom zweiten axialen Endabschnitt zum ersten axialen Endabschnitt hin, ist denkbar. Das Kühlmittel wird bei dieser Variante bzgl. der axialen Richtung nicht im Gegenstrom durch die Kühlkanäle geführt. Dies vereinfacht die Anordnung der Kühlkanäle in der Maschine.

Besonders bevorzugt sind die Statorwicklungen Teil einer verteilten Wicklung.

Die Erfindung betrifft ferner ein Fahrzeug, insbesondere ein Kraftfahrzeug mit einer vorangehend vorgestellten elektrischen Maschine. Die oben erläuterten Vorteile der elektrischen Maschine übertragen sich daher auch auf das erfindungsgemäße Fahrzeug.

Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen, jeweils schematisch:

- Fig. 1 ein Beispiel einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine in einem Längsschnitt entlang der Rotationsachse des Rotor,
- Fig. 2 den Stator der elektrischen Maschine gemäß Figur 1 in einem Querschnitt senkrecht zur Rotationsachse des Rotors,
- Fig. 3 eine Detaildarstellung des Stators der Figur 2 im Bereich eines Zwischenraum zwischen zwei in Umfangsrichtung benachbarten Statorzähnen,
- Fig. 4-6 Varianten des Beispiels gemäß Figur 3,
- Fig. 7 eine erste Variante der elektrischen Maschine der Figur 1, bei welcher das durch die Kühlkanäle strömende Kühlmittel auch zur Kühlung der Wellenlager des Rotors verwendet wird,

- Fig. 8 eine zweite Variante der elektrischen Maschine gemäß Figur 1, welche besonders wenig Bauraum beansprucht,
- Fig. 9 eine dritte Variante der Maschine gemäß Figur 1, welche eine besonders effektive Kühlung der Statorwicklungen ermöglicht.

Figur 1 illustriert ein Beispiel einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine 1 in einer Schnittdarstellung. Die elektrische Maschine 1 ist so dimensioniert, dass sie in einem Fahrzeug, vorzugsweise in einem Straßenfahrzeug, eingesetzt werden kann. Die elektrische Maschine 1 umfasst einen in der Figur 1 nur grobschematisch dargestellten Rotor 3 und einen Stator 2. Zur Verdeutlichung ist der Stator 2 in Figur 2 in einem Querschnitt senkrecht zur Rotationsachse D entlang der Schnittlinie II – II der Figur 1 in separater Darstellung dargestellt. Entsprechend Figur 1 besitzt der Rotor 3 eine Rotorwelle 31 und kann mehrere, in der Figur 1 nicht näher dargestellte Magnete aufweisen, deren magnetischer Polarisierung entlang der Umfangsrichtung U abwechselt. Der Rotor 3 ist um eine Rotationsachse D drehbar, deren Lage durch die Mittellängsachse M der Rotorwelle 31 festgelegt ist. Durch die Rotationsachse D wird eine axiale Richtung A definiert, welche sich parallel zur Rotationsachse D erstreckt. Eine radiale Richtung R steht senkrecht zur axialen Richtung A. Eine Umfangsrichtung U rotiert um die Rotationsachse D.

Wie Figur 1 erkennen lässt, ist der Rotor 3 im Stator 2 angeordnet. Somit handelt es sich bei der hier gezeigten elektrischen Maschine 1 um einen sogenannten Innenläufer. Denkbar ist aber auch eine Realisierung als sogenannter Außenläufer, bei welcher der Rotor 3 außerhalb des Stators 2 angeordnet ist. Die Rotorwelle 31 ist in einem ersten Wellenlager 32a und, dazu axial beabstandet, in einem zweiten Wellenlager 32b um die Rotationsachse D drehbar am Stator 2 gelagert.

Der Stator 2 umfasst außerdem in bekannter Weise mehrere, zum Erzeugen eines magnetischen Feld elektrisch bestrombare Statorwicklungen 6. Durch magnetische Wechselwirkung des von den Magneten des Rotor 3 erzeugten magnetischen Feldes mit dem von den Statorwicklungen 6 erzeugten magnetischen Feld wird der Rotor 3 in Rotation versetzt.

Dem Querschnitt der Figur 2 entnimmt man, dass der Stator 2 einen ringförmigen Statorkörper 7, beispielsweise aus Eisen, aufweisen kann. Insbesondere kann der Statorkörper 7 aus mehreren, entlang der axialen Richtung A aufeinandergestapelten und miteinander verklebten Statorkörperplatten (nicht gezeigt) gebildet sein. An dem Statorkörper 7 sind radial innen mehrere Statorzähne 8 angeformt, die sich entlang der axialen Richtung A erstrecken, radial nach innen vom Statorkörper 7 weg abstehen und entlang der Umfangsrichtung U beabstandet zueinander angeordnet sind. Jeder Statorzahn 8 trägt eine Statorwicklung 6. Die einzelnen Statorwicklungen 6 bilden zusammen eine Wicklungsanordnung. Je nach Anzahl der von den Statorwicklungen 6 zu bildenden magnetischen Pole können die einzelnen Statorwicklungen 6 der gesamten Wicklungsanordnung in geeigneter Weise elektrisch miteinander verdrahtet sein.

Im Betrieb der Maschine 1 erzeugen die elektrisch bestromten Statorwicklungen 6 Abwärme, die aus der Maschine 1 abgeführt werden muss, um eine Überhitzung und eine damit einhergehende Beschädigung oder gar Zerstörung der Maschine 1 zu verhindern. Daher werden die Statorwicklungen 6 mithilfe eines Kühlmittels K gekühlt, welches durch den Stator 2 geführt wird und die von den Statorwicklungen 6 erzeugte Abwärme durch Wärmeübertragung aufnimmt.

Um das Kühlmittel K durch den Stator 2 zu führen, umfasst die Maschine 1 einen Kühlmittelverteilterraum 4, in welchen über einen Kühlmittelleinlass 33 ein Kühlmittel-

tel K eingeleitet werden kann. Entlang der axialen Richtung A im Abstand zum Kühlmittelverteilterraum 4 ist ein Kühlmittelsammlerraum 5 angeordnet. Der Kühlmittelverteilterraum 4 kommuniziert mittels mehrerer Kühlkanäle 10, von welchen in der Darstellung der Figur 1 nur ein einziger erkennbar ist, fluidisch mit dem Kühlmittelsammlerraum 5. In einem in den Figuren nicht gezeigten Querschnitt senkrecht zur axialen Richtung A können der Kühlmittelverteilterraum 4 und der Kühlmittelsammlerraum 5 jeweils eine ringförmige Geometrie besitzen. Entlang der Umfangsrichtung U sind mehrere Kühlkanäle 10 beabstandet zueinander angeordnet, die sich jeweils entlang der axialen Richtung A vom ringförmigen Kühlmittelverteilterraum 4 zum ringförmigen Kühlmittelsammlerraum 5 erstrecken. Somit kann das über den Kühlmittleinlass 33 in den Kühlmittelverteilterraum 4 eingebrachte Kühlmittel K auf die einzelnen Kühlkanäle 10 verteilt werden. Nach dem Durchströmen der Kühlkanäle 10 und der Aufnahme von Wärme von den Statorwicklungen wird das Kühlmittel K im Kühlmittelsammlerraum 5 gesammelt und über einen am Stator 2 vorgesehenen Kühlmittelauslass 34 wieder aus der Maschine 1 ausgeleitet.

Im Beispiel der Figuren sind also die Kühlkanäle 10 derart ausgebildet, dass das im Betrieb der Maschine 1 durch diese Kühlkanäle 10 geführte Kühlmittel K von einem ersten axialen Endabschnitt 3.1, 7.1 des Stators 2 bzw. des Statorkörpers 7 in Richtung eines zweiten axialen Endabschnitts 3.2, 7.2 des Stators 3 bzw. des Statorkörpers 7 strömt.

Wie die Darstellungen der Figuren 1 und 2 erkennen lassen, sind die Statorwicklungen 6 in Zwischenräumen 9 angeordnet, die zwischen jeweils zwei in Umfangsrichtung U benachbarten Statorzähnen 8 ausgebildet sind. Besagte Zwischenräume 9 sind dem einschlägigen Fachmann auch als sogenannte "Stator-Nuten" oder "Stator-Schlitze" bekannt, die sich ebenso wie die Statorzähne 8 entlang der axialen Richtung A erstrecken.

Nun wird auf die Darstellung der Figur 3 Bezug genommen, welche einen zwischen zwei in Umfangsrichtung U benachbarten Statorzähnen 8 - im Folgenden auch als Statorzähne 8a, 8b bezeichnet - ausgebildeten Zwischenraum 9 in einer Detaildarstellung zeigt. Um die Wärmeübertragung der von den Statorwicklungen 6 erzeugten Abwärme auf das durch die Kühlkanäle 10 strömende Kühlmittel K zu verbessern, ist entsprechend Figur 3 in den Zwischenräumen 9 jeweils ein elektrisch isolierender Kunststoff 11 vorgesehen. Der elektrisch isolierende Kunststoff 11 ist durch eine erste Kunststoffmasse 11a aus einem ersten Kunststoffmaterial und durch eine zweite Kunststoffmasse 11b aus einem zweiten Kunststoffmaterial gebildet, dessen thermische Leitfähigkeit größer ist als die thermische Leitfähigkeit des ersten Kunststoffmaterials. Das erste Kunststoffmaterial 11a ist ein Duroplast. Das zweite Kunststoffmaterial 11b ist ein Thermoplast. Im Beispielszenario sind in allen Zwischenräumen 9 jeweils eine erste und eine zweite Kunststoffmasse 11a, 11b angeordnet. In einer Variante des Beispiels kann die thermische Leitfähigkeit des ersten Kunststoffmaterials kleiner als oder gleich der thermischen Leitfähigkeit des zweiten Kunststoffmaterials sein. Bevorzugt sind die beiden Kunststoffmassen 11a, 11b jeweils Spritzgussmassen aus dem elektrisch isolierenden Kunststoff 11. Die Anwendung eines Spritzgussverfahrens vereinfacht und beschleunigt die Herstellung der Kunststoffmasse.

Die den Zwischenraum 9 begrenzenden Oberflächenabschnitte des Stators 2 sind bevorzugt vollständig mit der zweiten Kunststoffmasse 11b beschichtet. Die Beschichtung aus der zweiten Kunststoffmasse 11b kann sich zumindest über eine entlang der axialen Richtung A gemessene Gesamtlänge des jeweiligen Zwischenraums 9 erstrecken und auf diese Weise die jeweilige Statorwicklung 6 oder/und die erste Kunststoffmasse 11a elektrisch vom Stator 2, insbesondere vom jeweiligen Statorzahn 7, isolieren. Insbesondere kann die Beschichtung aus der zweiten Kunststoffmasse 11b die betreffende Statorwicklung 6 innerhalb des Zwi-

schenraums 9 über mindestens die gesamte, entlang der axialen Richtung A gemessene Länge des jeweiligen Zwischenraums 9 in Umfangsrichtung U-förmig umschließen.

Die Statorwicklungen 6 sind jeweils derart ausgebildet, dass sie mittels der ersten oder/und zweiten Kunststoffmasse 11a, 11b zumindest im Bereich innerhalb des jeweiligen Zwischenraums 9 im Betrieb der elektrischen Maschine 1 elektrisch, vorzugsweise vollständig, vom Kühlmittel K und auch vom Statorkörper 7 isoliert ist.

Sowohl die erste als auch die zweite Kunststoffmasse 11a, 11b kann einen axial aus dem Zwischenraum 9 herausragenden Wicklungsabschnitt der Statorwicklung 6 zumindest teilweise umgeben und darüber hinaus den Kühlmittelverteilterraum 4 sowie den Kühlmittelsammlerraum 5 teilweise begrenzen. Auf diese Weise wird besagter Wicklungsabschnitt im Betrieb der elektrischen Maschine 1 elektrisch gegenüber dem Kühlmittel K isoliert.

Gemäß Figur 3 sind die in dem Zwischenraum 9 angeordneten Statorwicklungen 6 und ein Kühlkanal 10 in die erste Kunststoffmasse 11a aus dem ersten Kunststoffmaterial eingebettet. Die erste Kunststoffmasse 11a mit der darin eingebetteten Statorwicklung 6 und ein Kühlkanal 10 sind wiederum in die zweite Kunststoffmasse 11b aus dem zweiten Kunststoffmaterial eingebettet bzw. teilweise von dieser umgeben.

Es versteht sich, dass die gemäß Figur 3 in dem Zwischenraum 9 angeordnete Statorwicklung 6 jeweils teilweise einer ersten Statorwicklung 6a zugehörig ist, die von einem ersten Statorzahn 8a getragen ist, und teilweise einer zweiten Statorwicklung 6b zugeordnet ist, die von einem dem ersten Statorzahn 8a in Umfangsrichtung U benachbarten, zweiten Statorzahn 8b getragen ist. Zur Verdeutli-

chung dieses Szenarios ist in Figur 3 eine virtuelle Trennlinie 12 eingezeichnet. Die in Figur 3 links der Trennlinie 12 gezeigten Wicklungsdrähte 13a gehören zu der von dem Statorzahn 8a getragenen Statorwicklung 6a. Die rechts der Trennlinie 12 gezeigten Wicklungsdrähte 13b gehören zu der von dem Statorzahn 8b getragenen Statorwicklung 6b.

Gemäß Figur 3 ist der in dem Zwischenraum 9 ausgebildete Kühlkanal 10 durch mehrere in dem elektrisch isolierenden Kunststoff 11 angeordnete und von dem Kühlmittel K durchströmbare Durchbrüche 40 realisiert. Bevorzugt umgibt die zweite Kunststoffmasse 11b in dem in Figur 3 gezeigten einem Querschnitt senkrecht zur axialen Richtung A die Durchbrüche 40 jeweils vollständig. Auf diese Weise können die den Kühlkanal 10 bildende Durchbrüche 40 besonders wirksam thermisch an die Statorwicklungen 6 gekoppelt werden.

Die Durchbrüche 40 – in Figur 3 sind rein beispielhaft vier solche Durchbrüche 40 gezeigt – sind entlang der Umfangsrichtung U beabstandet zueinander angeordnet und erstrecken sich jeweils entlang der axialen Richtung A. Die Durchbrüche 40 können als Durchgangsbohrungen realisiert sein, die mittels eines geeigneten Bohrwerkzeugs in die zweite Kunststoffmasse 11b eingebracht werden. Die Durchbrüche 40 können in dem Querschnitt senkrecht zur Rotationsachse D jeweils die Geometrie eines Rechtecks mit zwei Breitseiten 20 und mit zwei Schmalseiten 21 aufweisen. Eine Länge der beiden Breitseiten 20 beträgt dabei wenigstens das Zweifache, vorzugsweise wenigstens das Vierfache, einer Länge der beiden Schmalseiten 21. Somit wird die vorteilhafte Geometrie eines Flachrohrs nachgebildet.

Zweckmäßig sind die Rohrkörper 16 jeweils mittels der ersten sowie zweiten Kunststoffmasse 11a, 11b elektrisch vom Statorkörper 7 und dabei insbesondere von dessen Statorzähnen 8 isoliert. Mittels der ersten bzw. zweiten Kunststoff-

masse 11a, 11b wird die jeweilige Statorwicklung 6 elektrisch von dem als Rohrkörper 16 ausgebildeten Kühlkanal 10 isoliert.

Im Beispiel der Figur 3 sind die den Kühlkanal 10 bildenden Durchbrüche 40 bzgl. der radialen Richtung R radial außerhalb der Statorwicklungen 6 in der Kunststoffmasse 11 angeordnet. Der radiale Abstand des Kühlkanals 10 zur Rotationsachse D des Rotors 3 ist also größer als der Abstand der Statorwicklung 6 zur Rotationsachse D. Denkbar ist aber auch eine Anordnung der Kühlkanäle 10 radial innen. In dem in Figur 3 gezeigten Querschnitt senkrecht zur axialen Richtung A erstrecken sich die beiden Breitseiten 20 der Durchbrüche 40 jeweils senkrecht zur radialen Richtung R.

Zur Herstellung einer elektrischen Maschine 1 gemäß den Figuren 1 bis 3 werden die die Zwischenräume 9 begrenzenden Oberflächen des Statorkörpers 7 mit dem zweiten Kunststoffmaterial, bevorzugt einem Thermoplasten, umspritzt und auf diese Weise die zweite Kunststoffmasse 11b gebildet. Dabei wird das Material des Statorkörpers 7 zu dem jeweiligen Zwischenraum 9 hin elektrisch isoliert. Danach werden die Statorwicklungen 6 in die Zwischenräume 9 eingebracht und auf den Statorzähnen 8 angeordnet. Danach werden die Statorwicklungen 6 mit dem die erste Kunststoffmasse 11a ergebenden, ersten Kunststoffmaterial, bevorzugt einem Duroplasten, umspritzt. Im Zuge der Herstellung des elektrisch isolierenden Kunststoffs 11, er sich aus den beiden Kunststoffmassen 11a, 11b zusammensetzt, kann auch der Statorkörper 7 mit dem die erste Kunststoffmasse 11a bildenden ersten Kunststoffmaterial umspritzt werden. Vorher oder danach können die den Kühlkanal 10 bildenden Durchbrüche 40 mit Hilfe eines geeigneten Bohrwerkzeugs in die zweite Kunststoffmasse 11b eingebracht werden.

Die Figur 4 zeigt eine Variante des Beispiels der Figur 3. Bei der Maschine 1 gemäß Figur 4 ist der Kühlkanal 10 nicht in der ersten Kunststoffmasse 11a, son-

dem im Statorkörper 7 des Stators 2 angeordnet. Wie Figur 4 erkennen lässt, sind die den Kühlkanal 10 bildenden Durchbrüche 40 radial außerhalb des Zwischenraums 9 und bzgl. der Umfangsrichtung U zwischen zwei benachbarten Statorzähnen 8a, 8b im Statorkörper 7 angeordnet. In analoger Weise zum Beispiel der Figur 3 ist der Kühlkanal 10 durch Durchbrüche 40 gebildet, die aber bei der Variante gemäß Figur 4 im Statorkörper 7 – und nicht im Kunststoff 11 – angeordnet sind. Der Kühlkanal 10 kann, vorzugsweise im Zuge der Herstellung des Statorkörpers 7, durch Einbringen der Durchbrüche 40 – bevorzugt in Form von Bohrungen mit Hilfe eines geeigneten Bohrwerkzeugs – in den Statorkörper 7 bzw. in die den Statorkörper 7 bildenden Statorkörperplatten – gebildet werden.

Dabei ist der im Statorkörper 7 ausgebildete Durchbruch 40 bevorzugt vollständig von dem elektrisch isolierenden Kunststoff 11, insbesondere von der zweiten Kunststoffmasse 11b, begrenzt, umhüllt oder/und umgeben. Auf diese Weise kann ein unerwünschter elektrischer Kurzschluss des durch den Durchbruch 40 strömenden Kühlmittels K mit dem Statorkörper 7 vermieden werden.

Die Figur 5 zeigt eine Variante des Beispiels der Figur 4. Auch bei der Variante gemäß Figur 5 sind die den Kühlkanal 10 bildenden Durchbrüche 40 im Statorkörper 7 des Stators 2 angeordnet. Im Beispiel der Figur 5 sind aber – im Gegensatz zur Variante der Figur 4 – die im Statorkörper 7 angeordneten Durchbrüche 40 zum Zwischenraum 9 hin offen ausgebildet. Wie Figur 5 erkennen lässt, werden die Durchbrüche 40 zum Zwischenraum 9 hin und von der im Zwischenraum 9 vorgesehenen zweiten Kunststoffmasse 11b fluiddicht verschlossen.

Die Figur 6 zeigt eine Weiterbildung des Beispiels der Figur 5. Bei der Weiterbildung gemäß Figur 6 ist sowohl im Statorkörper 7 als auch in der ersten Kunststoffmasse 11a ein Kühlkanal 10 ausgebildet. Der im Statorkörper 7 zusätzlich vorgesehene Kühlkanal 10 – im Folgenden auch als „radial äußerer Kühlkanal“

10a bezeichnet – ist in analoger Weise zum Beispiel der Figur 5 ausgebildet, so dass auf obige Erläuterungen zu Figur 5 verwiesen wird. Der in der ersten Kunststoffmasse 11a angeordnete Kühlkanal 10 wird im Folgenden auch als „radial innerer Kühlkanal“ 10b bezeichnet. Bezüglich der radialen Richtung R ist die Statorwicklung 6 also zwischen den beiden Kühlkanälen 10a, 10b angeordnet. Wie die Detaildarstellung der Figur 6 zeigt, kann der radial innere Kühlkanal 10b durch einen Rohrkörper 16, beispielsweise aus Aluminium, gebildet sein, der einen Rohrkörperinnenraum 22 umgibt. Grundsätzlich kommt als Material für den Rohrkörper 16 bzw. den Kühlkanal 10, 10a ein elektrisch leitendes Material, insbesondere ein Metall, oder ein elektrisch isolierendes Material, insbesondere ein Kunststoff, in Betracht. Optional können, wie in der Detaildarstellung der Figur 6 gezeigt, am Rohrkörper 16 ein oder mehrere Trennelemente 18 ausgeformt sein, welche den Kühlkanal 10b in fluidisch voneinander getrennte Teilkühlkanäle 19 unterteilen. Auf diese Weise kann das Strömungsverhalten des Kühlmittels K im Kühlkanal 10b verbessert werden, womit ein verbesserter Wärmeübergang auf das Kühlmittel einhergeht. Außerdem wird der Rohrkörper 16 zusätzlich mechanisch ausgesteift. Im Beispiel der Figur 6 sind exemplarisch zwei solche Trennelemente 18 dargestellt, so dass sich drei Teilkühlkanäle 19 ergeben. Selbstverständlich ist in Varianten des Beispiels auch eine andere Anzahl an Trennelementen 18 möglich. Der Rohrkörper 16 kann als Flachrohr 17 ausgebildet sein, welches im Querschnitt senkrecht zur axialen Richtung A zwei Breitseiten 20 und zwei Schmalseiten 21 aufweist. Eine Länge der beiden Breitseiten 20 beträgt in diesem Fall wenigstens das Vierfache, vorzugsweise wenigstens das Zehnfache, einer Länge der beiden Schmalseiten 21. Die Breitseiten 20 erstrecken sich senkrecht zur radialen Richtung R.

Die vorangehend diskutierten Varianten gemäß den Figuren 3 bis 6 können, soweit sinnvoll, miteinander kombiniert werden.

Im Folgenden wird wieder auf die Figur 1 Bezug genommen. Wie die Figur 1 anschaulich belegt, kann die vorzugsweise einstückig ausgebildete, erste Kunststoffmasse 11a axial beidseitig aus den Zwischenräumen 9 herausragen. Dies erlaubt es, auch den Kühlmittelverteilterraum 4 sowie, alternativ oder zusätzlich, den Kühlmittelsammlerraum 5 zur thermischen Ankopplung an die beiden axialen Endabschnitte 14a, 14b der jeweiligen Statorwicklung 6 in die erste Kunststoffmasse 11a einzubetten, die axial außerhalb des jeweiligen Zwischenraum 9 angeordnet ist. Auf diese Weise kann auch im Bereich der üblicherweise thermisch besonders belasteten axialen Endabschnitte 14a, 14b der betreffenden Statorwicklung 6 ein effektiver Wärmeübergang mit dem im Kühlmittelverteilterraum 4 bzw. Kühlmittelsammlerraum 5 vorhandenen Kühlmittel K hergestellt werden. Diese Maßnahme erlaubt eine besonders effektive Kühlung der beiden axialen Endabschnitte 14a, 14b der Statorwicklung 6.

Ferner ist gemäß Figur 1 der Stator 2 mit dem Statorkörper 7 und den Statorzähnen 8 axial zwischen einem ersten und einem zweiten Lagerschild 25a, 25b angeordnet.

Wie die Figur 1 erkennen lässt, ist ein Teil des Kühlmittelverteilterraums 4 in dem ersten Lagerschild 25a und ein Teil des Kühlmittelsammlerraums 5 in dem zweiten Lagerschild 25b angeordnet. Der Kühlmittelverteilterraum 4 und der Kühlmittelsammlerraum 5 sind somit jeweils teilweise durch einen in der ersten Kunststoffmasse 11a vorgesehenen Hohlraum 41a, 41b gebildet.

Der erste Hohlraum 41a wird dabei durch einen im ersten Lagerschild 25a ausgebildeten Hohlraum 42a zum Kühlmittelverteilterraum 4 ergänzt. Entsprechend wird der zweite Hohlraum 41b durch einen im zweiten Lagerschild 25b ausgebildeten Hohlraum 42b zum Kühlmittelsammlerraum 5 ergänzt. Bei der vorangehend erläu-

terten Ausführungsvariante begrenzt die erste Kunststoffmasse 11a den Kühlmittelverteilterraum 4 sowie den Kühlmittelsammellerraum 5 also zumindest teilweise.

Im ersten Lagerschild 25a kann ferner eine Kühlmittelzuführung 35 ausgebildet sein, welche den Kühlmittelverteilterraum 4 fluidisch mit einem außen, insbesondere wie in Figur 1 dargestellt umfangsseitig, am ersten Lagerschild 25a vorgesehenen Kühlmittleinlass 33 verbindet. Im zweiten Lagerschild 25b kann entsprechend eine Kühlmittelabführung 36 ausgebildet sein, welche den Kühlmittelsammellerraum 5 fluidisch mit einem außen, insbesondere wie in Figur 1 dargestellt umfangsseitig, am Lagerschild 25b vorgesehenen Kühlmittelauslass 34 verbindet. Dies ermöglicht eine Anordnung des Kühlmittelverteilterraums 4 bzw. des Kühlmittelsammellerraum 5 jeweils radial außen am ersten bzw. zweiten Endabschnitt 14a, 14b der betreffenden Statorwicklung 6 und auch in der Verlängerung dieser Endabschnitte 14a, 14b entlang der axialen Richtung A. Die im Betrieb der Maschine 1 thermisch besonders belasteten Endabschnitte 14a, 14b der Statorwicklungen 6 werden auch mittels dieser Maßnahme besonders effektiv gekühlt.

Gemäß Figur 1 kann die erste Kunststoffmasse 11a aus dem elektrisch isolierenden Kunststoff 11 auch auf einer Außenumfangsseite 30 des Statorkörpers 7 angeordnet sein und somit auf der Außenumfangsseite 30 eine Kunststoffbeschichtung 11.1 ausbilden. Somit kann der typischerweise aus elektrisch leitenden Statorplatten gebildete Statorkörper 7 des Stators 2 elektrisch gegen die Umgebung isoliert werden. Die Bereitstellung eines separaten Gehäuses zur Aufnahme des Statorkörpers 7 kann somit entfallen.

Die Figur 7 zeigt eine Variante des Beispiels der Figur 1. Um auch die Rotorwelle 31 sowie die beiden Wellenlager 32a, 32b im Betrieb der Maschine 1 zu kühlen, kann die Kühlmittelzuführung 35 thermisch an das im ersten Lagerschild 25a angeordnete, erste Wellenlager 32a gekoppelt sein. Ebenso kann die Kühlmittelab-

führung 36 thermisch an das im zweiten Lagerschild 25b angeordnete, zweite Wellenlager 32b gekoppelt sein. Eine separate Kühleinrichtung zum Kühlen der Wellenlager 32a, 32b kann auf diese Weise entfallen, woraus sich Kostenvorteile ergeben. Im Beispiel der Figur 7 sind der Kühlmittleinlass 33 und der Kühlmittelaustrass 34 an der äußeren Stirnseite 26a, 26b des jeweiligen Lagerschilds 25a, 25b vorgesehen. Bei der Variante gemäß den Figuren 7 und 1 sind die Statorwicklungen 6 entlang der radialen Richtung R radial innerhalb der Kühlkanäle 10 angeordnet. Die Statorwicklungen 6 sind mit einem elektrischen Anschluss 50 durch eine im zweiten Lagerschild 25b vorgesehene Durchführung 39 aus dem Stator 2 heraus nach außen geführt, so dass sie von außen elektrisch bestromt werden können. Die Durchführung 39 ist radial zwischen dem Kühlmittelverteilteraum 4 bzw. dem Kühlmittelsammlerraum 5 und der Drehachse D angeordnet.

Im Beispiel der Figur 8, welche eine gegenüber der Figur 7 vereinfachte Ausführungsform zeigt, sind der Kühlmittelverteilteraum 4 und der Kühlmittelsammlerraum 5 ausschließlich in der axialen Verlängerung der Kühlkanäle 10 angeordnet. Diese Variante benötigt für den Kühlmittelverteilteraum 4 und für den Kühlmittelsammlerraum 5 besonders wenig Bauraum. Bei der Variante gemäß Figur 8 sind die Statorwicklungen 6 entlang der radialen Richtung R radial innerhalb der Kühlkanäle 10 angeordnet. Die Statorwicklungen 6 sind mit einem elektrischen Anschluss 50 durch eine im zweiten Lagerschild 25b vorgesehene Durchführung 39 aus dem Stator 2 heraus nach außen geführt, so dass sie von außen elektrisch bestromt werden können. Die Durchführung 39 ist bzgl. der radialen Richtung radial außerhalb des Kühlmittelverteilteraums 4 bzw. des Kühlmittelsammlerraums 5 im zweiten Lagerschild 25b angeordnet.

Im Beispiel der Figur 9 ist eine Weiterbildung der Figur 7 gezeigt. Bei dieser Weiterbildung umgibt der Kühlmittelverteilteraum 4 in dem in Figur 9 dargestellten Längsschnitt entlang der Rotationsachse D den ersten axialen Endabschnitt 14a

der jeweiligen Statorwicklung 6 U-förmig, also axial endseitig sowie radial innen und radial außen. Entsprechend umgibt der Kühlmittelsammlerraum 5 in dem Längsschnitt entlang der Rotationsachse D den zweiten axialen Endabschnitt 14b der jeweiligen Statorwicklung 6 U-förmig, also axial endseitig sowie radial innen und radial außen. Bei dieser Variante sind Kühlkanäle 10 sowohl radial innerhalb als auch radial außerhalb der Statorwicklung 6 vorgesehen. Somit sind die jeweiligen Statorwicklungen 6 einschließlich ihrer axialen Endabschnitte 14a, 14b über die Kühlkanäle 10 sowie den Kühlmittelverteilterraum 4 sowie den Kühlmittelsammlerraum 5 in direktem thermischem Kontakt mit dem Kühlmittel K. Dies erlaubt eine besonders effektive Kühlung der Statorwicklung 6 einschließlich der thermisch besonderen Belastungen ausgesetzten axialen Endabschnitte 14a, 14b.

Ansprüche

1. Elektrische Maschine (1), insbesondere für ein Fahrzeug,
 - mit einem Rotor (3), der um eine Rotationsachse (D) drehbar ist, durch welche eine axiale Richtung (A) der elektrischen Maschine (1) definiert ist, und mit einem Stator (2), der Statorwicklungen (6) aufweist,
 - mit zumindest einem, vorzugsweise zumindest zwei, höchst vorzugsweise einer Mehrzahl, von einem Kühlmittel (K) durchströmbaren Kühlkanal/Kühlkanälen (10),
 - wobei der Stator (2) sich entlang der axialen Richtung (A) erstreckende und entlang einer Umfangsrichtung (U) beabstandet zueinander angeordnete Statorzähne (8) besitzt, welche die Statorwicklungen (6) tragen,
 - wobei zumindest eine Statorwicklung (6) zur thermischen Kopplung in einen elektrisch isolierenden Kunststoff (11) eingebettet ist,
 - wobei der elektrisch isolierende Kunststoff (11) mit der zumindest einen Statorwicklung (6) in zumindest einem Zwischenraum (9) angeordnet ist, der zwischen zwei in der Umfangsrichtung (U) benachbarten Statorzähnen (8) ausgebildet ist,
 - wobei der elektrisch isolierende Kunststoff (11) durch eine erste Kunststoffmasse (11a) aus einem ersten Kunststoffmaterial und durch eine zweite Kunststoffmasse (11b) aus einem zweiten Kunststoffmaterial gebildet ist.
2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die thermische Leitfähigkeit des ersten Kunststoffmaterials größer ist als die thermische Leitfähigkeit des zweiten Kunststoffmaterials; oder dass
 - die thermische Leitfähigkeit des ersten Kunststoffmaterials kleiner ist als die thermischen Leitfähigkeit des zweiten Kunststoffmaterials; oder dass
 - die thermische Leitfähigkeit des ersten Kunststoffmaterials gleich der thermischen Leitfähigkeit des zweiten Kunststoffmaterials ist.
3. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Maschine einen Kühlmittelverteilterraum (4) und einen axial im Abstand zu diesem angeordneten Kühlmittelsammlerraum (5) umfasst, wobei der Kühlmittelverteilterraum (4) zum Kühlen der Statorwicklungen (6) mittels des wenigstens eines von einem Kühlmittel (K) durchströmbaren Kühlkanals (10), vorzugsweise mittels der Mehrzahl von Kühlkanälen (10), fluidisch mit dem Kühlmittelsammlerraum (5) kommuniziert.
4. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass
- der Kühlmittelverteilterraum (4) und/oder Kühlmittelsammlerraum (5) ausschließlich in einer axialen Verlängerung des Stators (2) benachbart zu diesem angeordnet ist und vorzugsweise entlang einer radialen Richtung (R) bzw. Stators (2) nicht über diesen hinaus ragt.
5. Elektrische Maschine einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- in dem zumindest einen Zwischenraum (9) zumindest eine Statorwicklung (6) in die erste Kunststoffmasse (11a) aus dem ersten Kunststoffmaterial eingebettet ist,

- die erste Kunststoffmasse (11a) mit der darin eingebetteten Statorwicklung (6) zumindest teilweise von der zweiten Kunststoffmasse (11b) aus dem zweiten Kunststoffmaterial umgeben, vorzugsweise in diese eingebettet, ist.
6. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- in wenigstens zwei Zwischenräumen (9), vorzugsweise in allen Zwischenräumen (9), sowohl die erste als auch die zweite Kunststoffmasse (11a, 11b) angeordnet sind.
7. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- das erste Kunststoffmaterial ein Duroplasten oder ein Thermoplasten umfasst oder ein Duroplast oder ein Thermoplast ist, und/oder dass
 - das zweite Kunststoffmaterial ein Thermoplasten oder ein Duroplasten umfasst oder ein Thermoplast oder ein Duroplast ist.
8. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- wenigstens ein Kühlkanal (10, 10b) in dem elektrisch isolierenden Kunststoff (11) angeordnet ist.
9. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- der wenigstens eine Kühlkanal (10) durch wenigstens einen, vorzugsweise durch mehrere, in dem elektrisch isolierenden Kunststoff (11), vorzugsweise in der zweiten Kunststoffmasse (11b), vorgesehene(n) und von dem Kühlmittel (K) durchströmbaren Durchbruch/Durchbrüche (40) gebildet ist.

10. Elektrische Maschine nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die zweite Kunststoffmasse (11b) in einem Querschnitt senkrecht zur axialen Richtung (A) zumindest einen Durchbruch (40), vorzugsweise jeweils alle Durchbrüche (40), zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, umgibt oder umhüllt.
11. Elektrische Maschine nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest ein Durchbruch (40) in einem Querschnitt senkrecht zur axialen Richtung (A) die Geometrie eines Rechtecks mit zwei Breitseiten (20) und zwei Schmalseiten (21) aufweist.
12. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der zumindest eine Kühlkanal (10) von dem elektrisch isolierenden Kunststoff (11), vorzugsweise von der zweiten Kunststoffmasse (11b), zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, umgeben oder umhüllt ist.
13. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kühlmittelverteilterraum (4) und/oder der Kühlmittelsammlerraum (5) zur thermischen Ankopplung an die Statorwicklungen (6) wenigstens teilweise in dem elektrisch isolierenden Kunststoff (11), vorzugsweise in der ersten Kunststoffmasse (11a), angeordnet sind.
14. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

den Zwischenraum (9) begrenzende Oberflächenabschnitte des Stators (2) zumindest teilweise mit der zweiten Kunststoffmasse (11b) beschichtet sind.

15. Elektrische Maschine nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
sich die Beschichtung aus der zweiten Kunststoffmasse (11b) zumindest über eine entlang der axialen Richtung (A) gemessene Gesamtlänge des jeweiligen Zwischenraums (9) erstreckt und die jeweilige Statorwicklung (6) oder/und die erste Kunststoffmasse (11a) elektrisch vom Stator (2), insbesondere vom jeweiligen Statorzahn (7), isoliert.
16. Elektrische Maschine nach Anspruch 14 oder 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Beschichtung aus der zweiten Kunststoffmasse (11b) die betreffende Statorwicklung (6) innerhalb des Zwischenraums (9) über mindestens die gesamte, entlang der axialen Richtung (A) gemessene Länge des jeweiligen Zwischenraums (9) in Umfangsrichtung U-förmig umschließt.
17. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die erste und die zweite Kunststoffmasse (11a, 11b) zusammen den zumindest einen Zwischenraum (9) im Wesentlichen vollständig ausfüllen.
18. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die erste und die zweite Kunststoffmasse (11a, 11b) jeweils durch eine Spritzgussmasse aus dem ersten bzw. zweiten Kunststoffmaterial gebildet sind.
19. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- der Stator (2) einen, vorzugsweise ringförmigen, Statorkörper (7) umfasst,
- die erste Kunststoffmasse (11a) zumindest auf einer Außenumfangsseite (30) des Statorkörpers (7) angeordnet ist.

20. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Kunststoffmasse (11a) auf der Außenumfangsseite (30) eine Außenbeschichtung (11.1) ausbildet.

21. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die erste Kunststoffmasse (11a) axial aus dem Zwischenraum (9) herausragt.

22. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Kunststoffmasse (11a) den Kühlmittelverteilterraum (4) und/oder den Kühlmittelsammlerraum (5) zumindest teilweise begrenzt.

23. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in zumindest einem, vorzugsweise in jedem, Zwischenraum (9) zwischen zwei jeweils in Umfangsrichtung (U) benachbarten Statorzähnen (8a, 8b) zumindest ein Kühlkanal (10) und der elektrisch isolierende Kunststoff (11) vorgesehen sind.

24. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- der zumindest eine Kühlkanal (10) radial außerhalb oder radial innerhalb der jeweiligen Statorwicklung (6) im Zwischenraum (9) angeordnet ist; oder dass
- zumindest ein Kühlkanal (10) radial außerhalb und zumindest ein weiterer Kühlkanal (10) radial innerhalb der jeweiligen Statorwicklung (6) im Zwischenraum (9) angeordnet ist.

25. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- der zumindest eine Kühlkanal (10) als Rohrkörper (16) ausgebildet ist, der einen Rohrkörperinnenraum (22) umgibt,
- wobei am Rohrkörper (16) wenigstens ein Trennelement (18) ausgeformt ist, welches den Rohrkörperinnenraum (22) in wenigstens zwei fluidisch voneinander getrennte Teilkühlkanäle (19) unterteilt.
26. Elektrische Maschine nach Anspruch 25, wenn rückbezogen auf Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass
- zumindest ein Rohrkörper (16) mittels der ersten oder/und zweiten Kunststoffmasse (11a, 11b) elektrisch vom Statorkörper (7), insbesondere von den Statorzähnen (8), isoliert ist.
27. Elektrische Maschine nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, dass
- der Rohrkörper (16) als Flachrohr (17) ausgebildet ist,
- wobei sich in einem Querschnitt senkrecht zur axialen Richtung (A) zumindest eine Breitseite (20) des Flachrohrs (17) im Wesentlichen senkrecht zur radialen Richtung (R) erstreckt.

28. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 25 bis 27,
dadurch gekennzeichnet, dass
die zumindest eine Statorwicklung (6) mittels der ersten oder/und zweiten Kunststoffmasse (11) elektrisch von dem als Rohrkörper (16) ausgebildeten Kühlkanal (10) isoliert ist.
29. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die erste oder/und zweite Kunststoffmasse (11a, 11b) zumindest einen axial aus dem Zwischenraum (9) herausragenden Wicklungsabschnitt der Statorwicklung (6) zumindest teilweise umgibt und dabei den Kühlmittelverteiler-
raum (4) oder/und den Kühlmittelsammlerraum (5) teilweise begrenzt, so dass
dieser Wicklungsabschnitt im Betrieb der Maschine (1) elektrisch gegenüber dem Kühlmittel (K) isoliert ist.
30. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest eine Statorwicklung (6) derart ausgebildet ist, dass sie mittels der ersten oder/und zweiten Kunststoffmasse zumindest im Bereich innerhalb des jeweiligen Zwischenraums (9) im Betrieb der elektrischen Maschine (1) elektrisch, vorzugsweise vollständig, vom Kühlmittel (K) oder/und vom Stator-
körper (7) isoliert ist.
31. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens ein Kühlkanal (10, 10a) im Statorkörper (7) angeordnet und durch wenigstens einen von dem Kühlmittel (K) durchströmbaren Durchbruch (40) gebildet ist, wobei vorzugsweise der wenigstens eine Durchbruch (40) vollständig von dem elektrisch isolierenden Kunststoff (11), höchst vorzugsweise

von der zweiten Kunststoffmasse (11b), begrenzt oder umhüllt oder umgeben ist.

32. Elektrische Maschine nach Anspruch 31,
dadurch gekennzeichnet, dass
der den Kühlkanal (10) bildende und im Statorkörper (7) angeordnete Durchbruch (40) zum Zwischenraum (9) hin offen ausgebildet ist und von dem im Zwischenraum (9) angeordneten elektrisch isolierenden Kunststoff (11), vorzugsweise von der zweiten Kunststoffmasse (11b), fluiddicht verschlossen ist.
33. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der zumindest eine Kühlkanal (10, 10a) bzgl. der Umfangsrichtung (U) im Bereich zwischen zwei benachbarten Statorzähnen (8, 8a, 8b) im Statorkörper (7) angeordnet ist.
34. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die zumindest zwei Kühlkanäle (10) vorzugsweise alle vorhandenen Kühlkanäle (10), derart ausgebildet sind, dass das im Betrieb der Maschine (1) durch diese Kühlkanäle (10) geführte Kühlmittel von einem ersten axialen Endabschnitt (3.1, 7.1) des Stators (2), vorzugsweise des Statorkörpers (7), in Richtung eines zweiten axialen Endabschnitts (3.2, 7.2) des Stators (3) bzw. des Statorkörpers (7) strömt oder umgekehrt.
35. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Statorwicklungen (6) Teil einer verteilten Wicklung sind.

36. Fahrzeug, insbesondere Kraftfahrzeug, mit wenigstens einer elektrischen Maschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

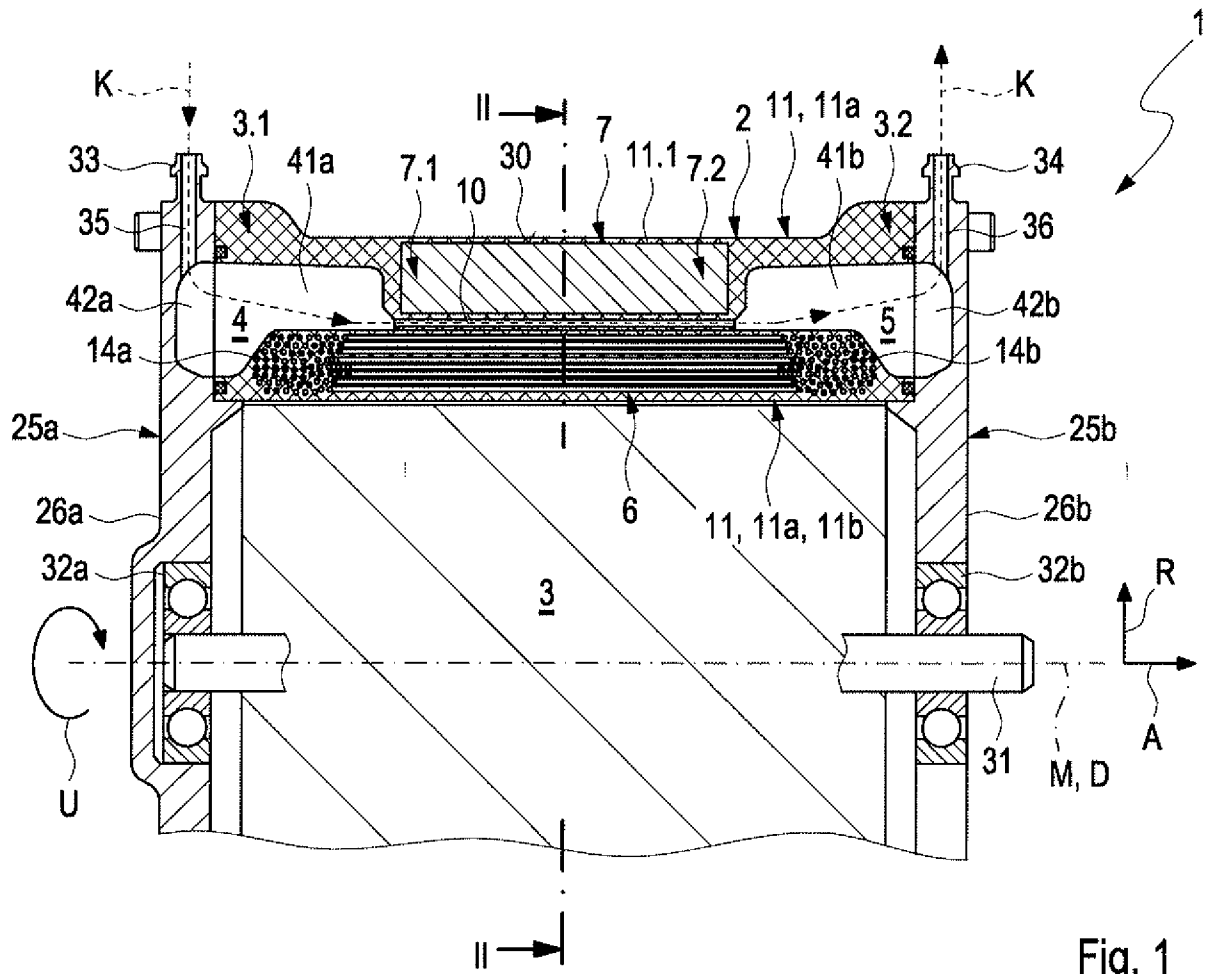


Fig. 1

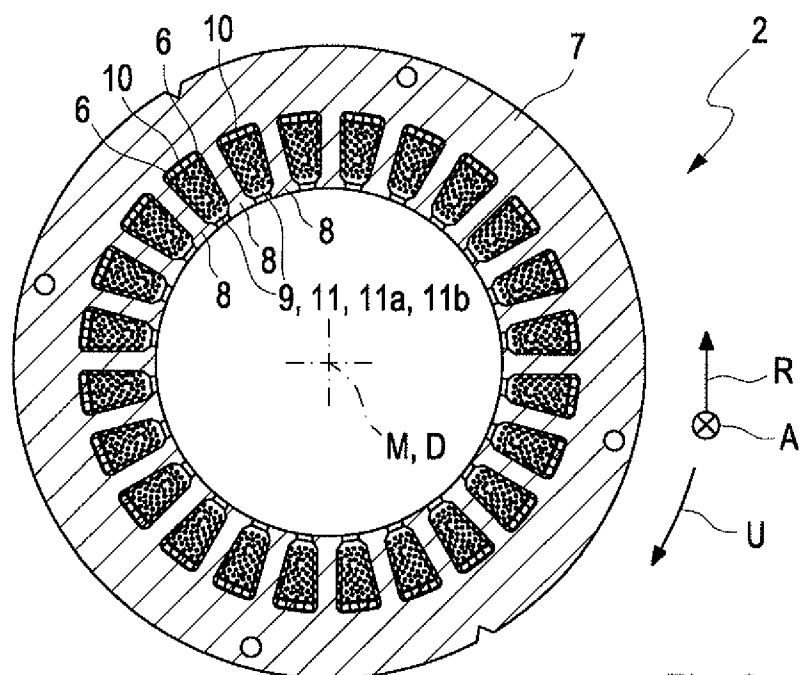


Fig. 2

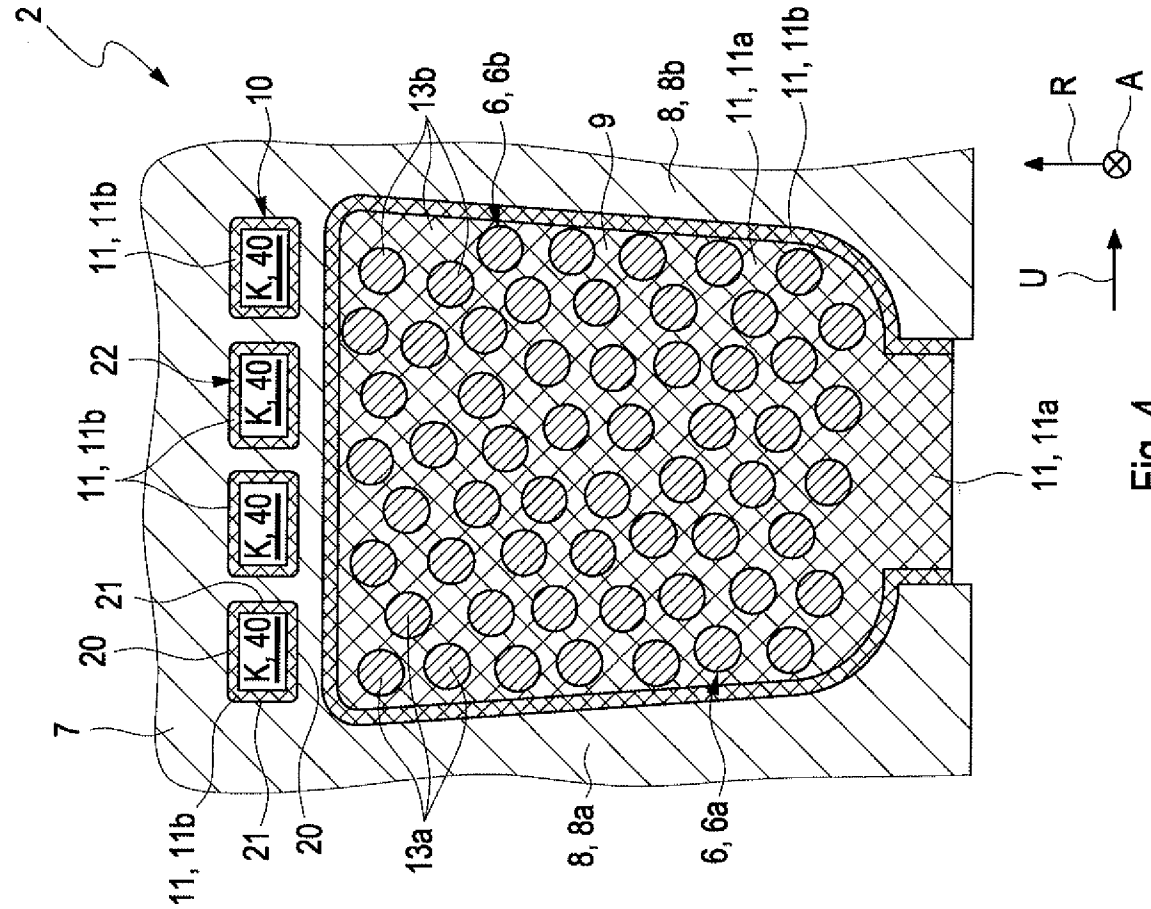


Fig. 3

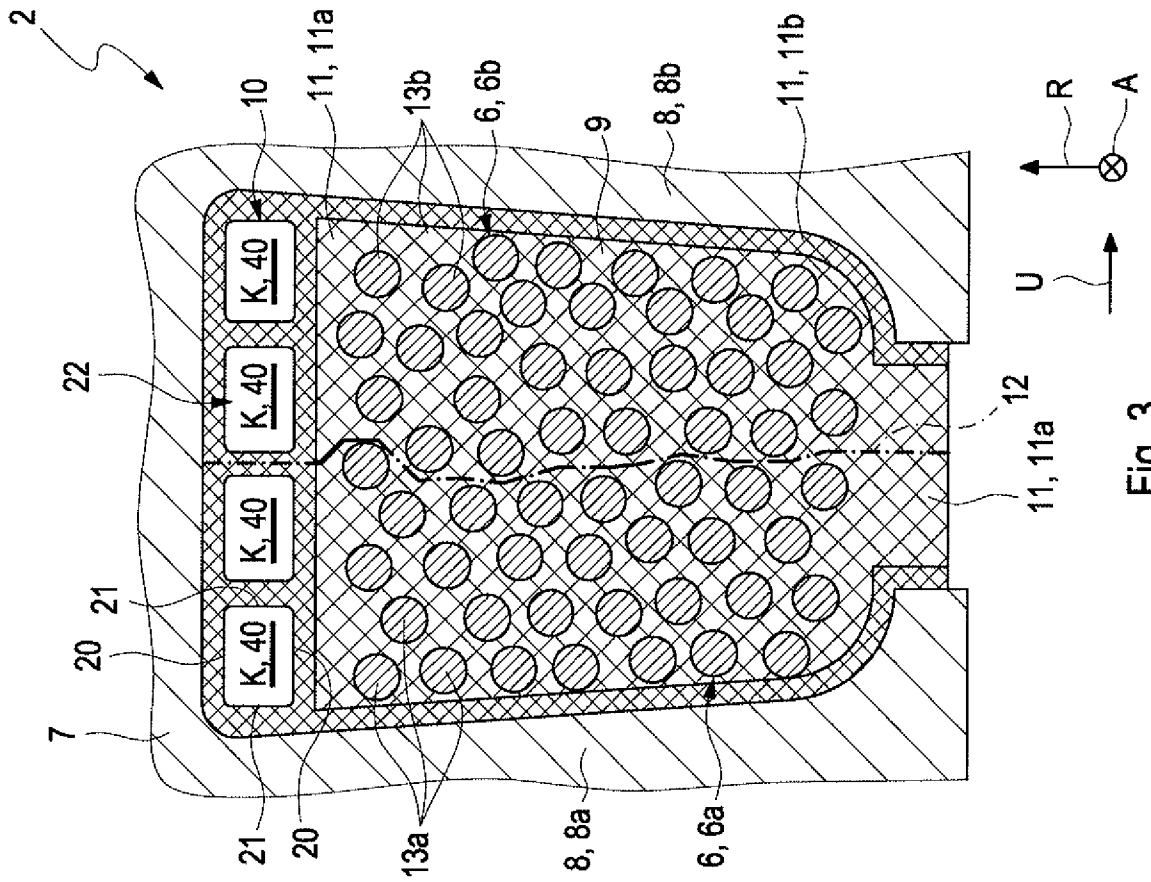
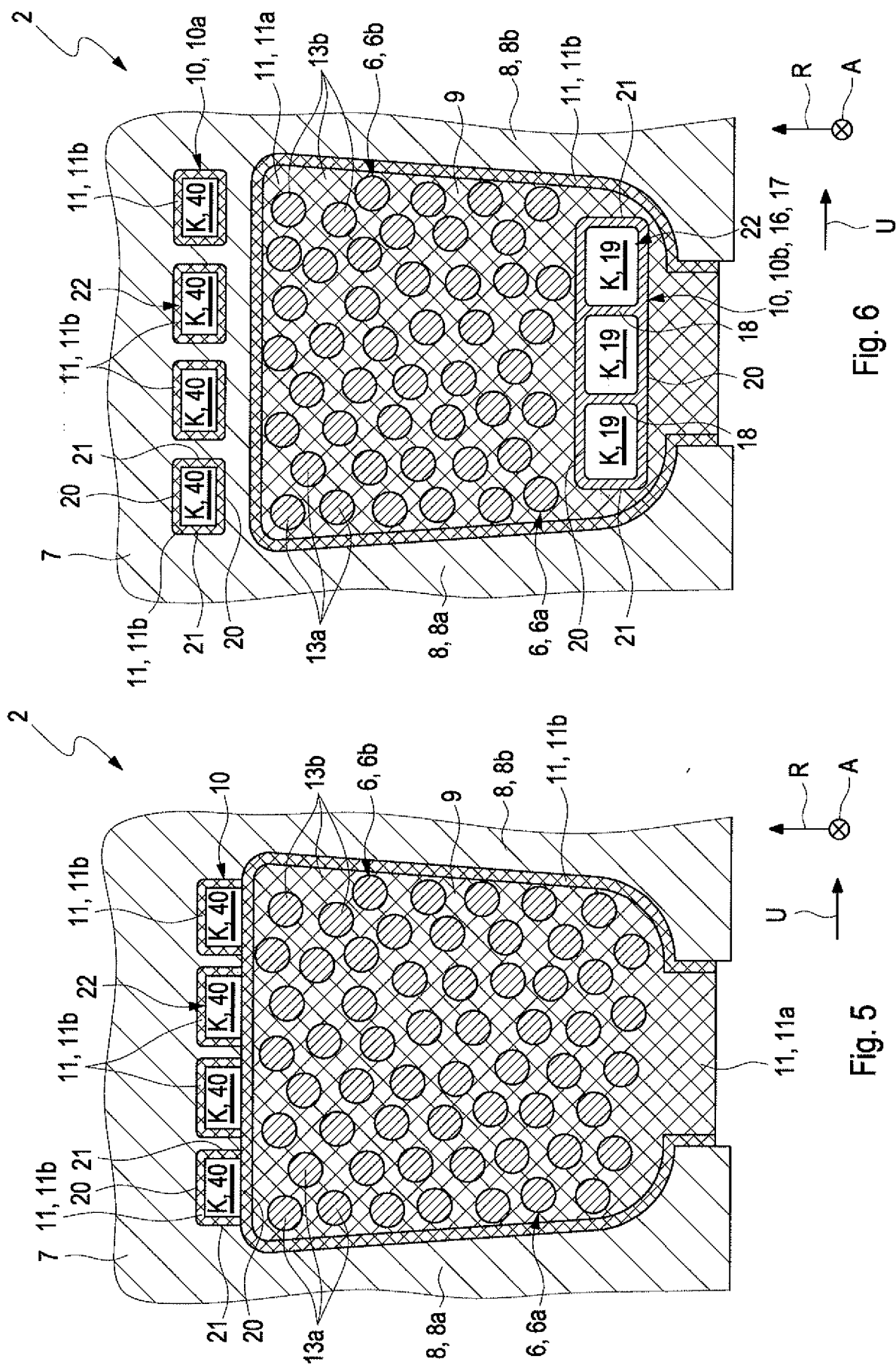


Fig. 4



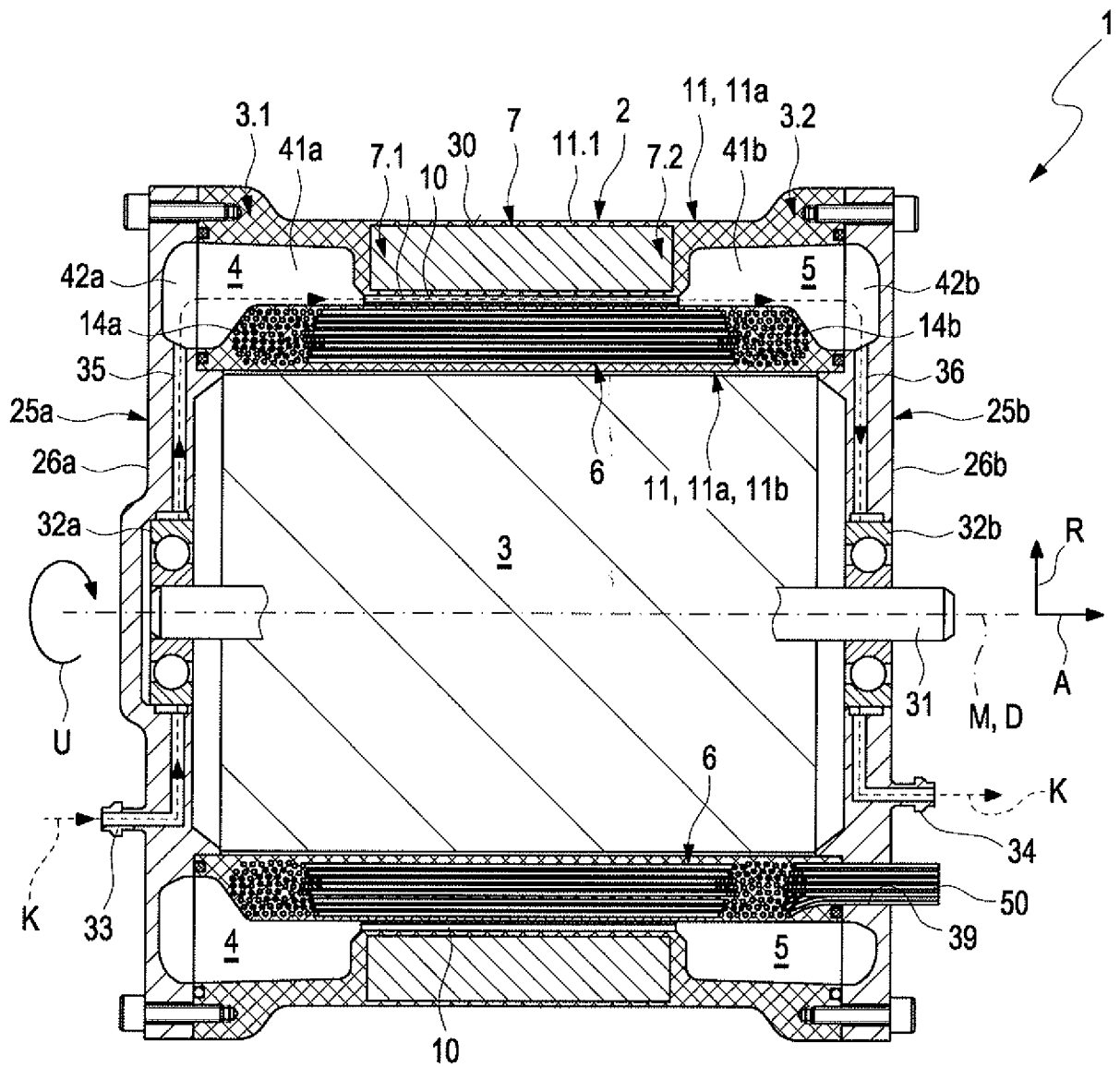


Fig. 7

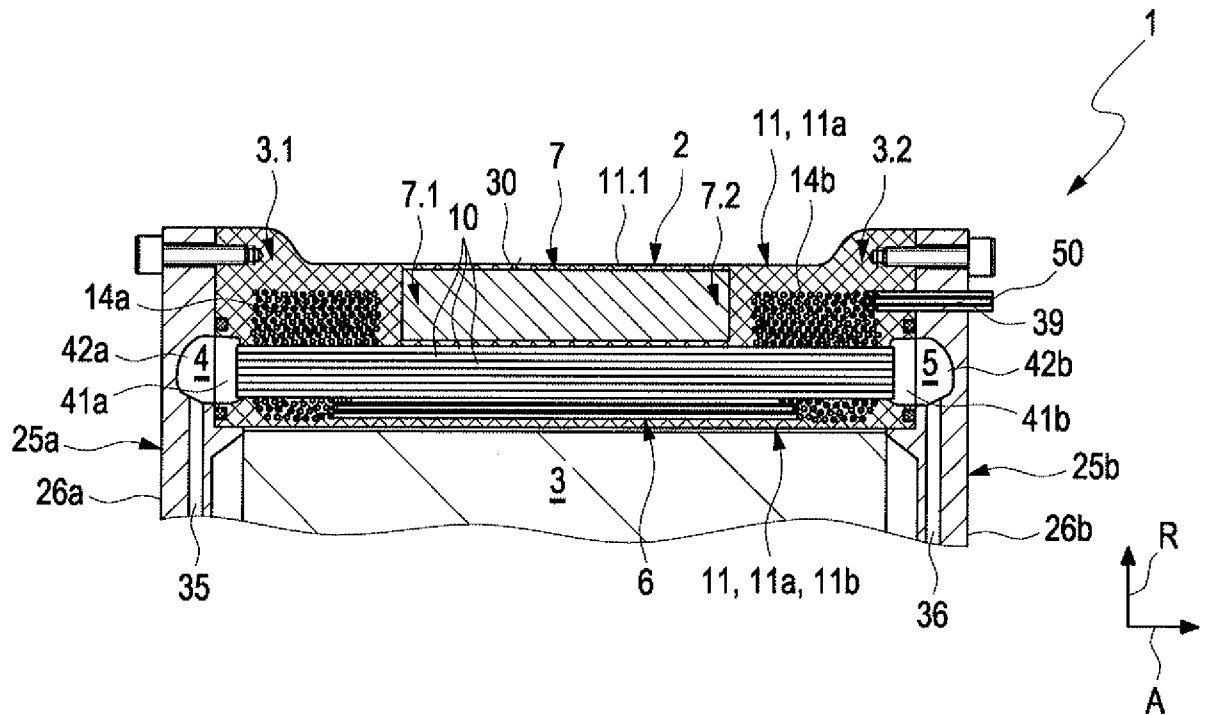


Fig. 8

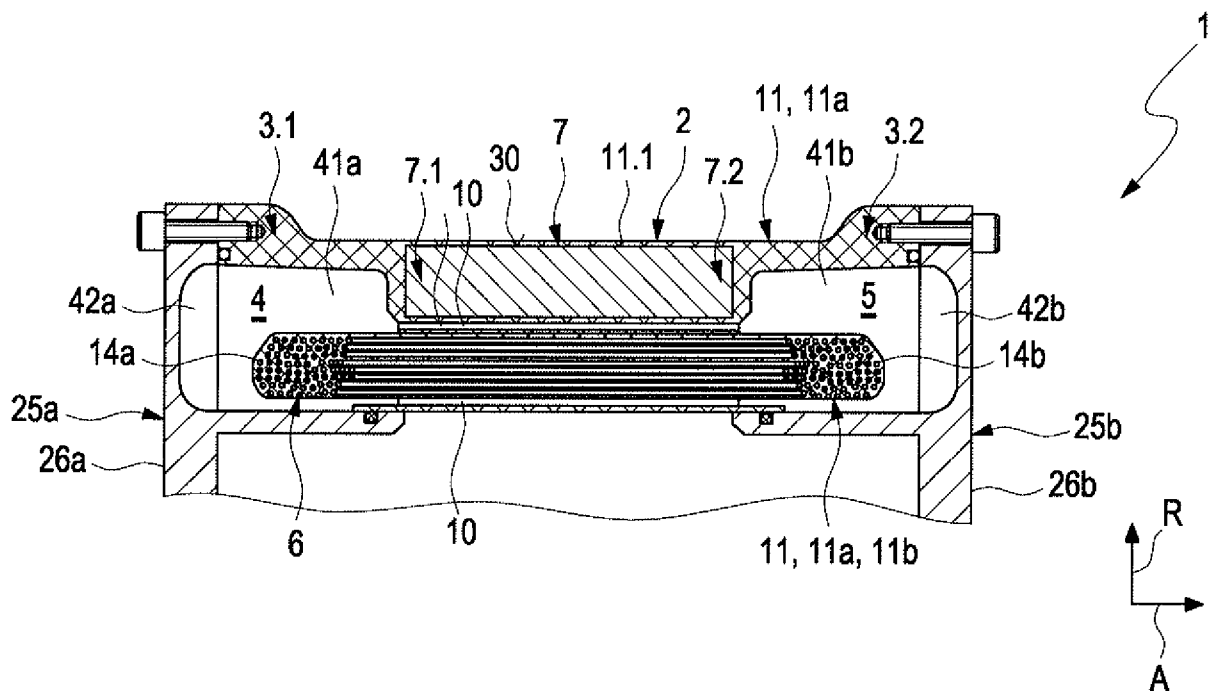


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/067108

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H02K 1/20 (2006.01)i; H02K 3/24 (2006.01)i; H02K 5/08 (2006.01)i; H02K 9/22 (2006.01)i; H02K 3/48 (2006.01)n According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02K Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1317048 A2 (NISSAN MOTOR [JP]) 04 June 2003 (2003-06-04) paragraphs [0094], [0110] - [0116]; figures 23,29,33-35	1-34
X	EP 1593191 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; AISIN SEIKI [JP]) 09 November 2005 (2005-11-09) abstract; figures 1-16 paragraphs [0010], [0041] - [0050], [0078]	1-34
X	US 2009022610 A1 (MATERNE THOMAS [DE] ET AL) 22 January 2009 (2009-01-22) abstract; figures 1-4 paragraphs [0002] - [0020]	1-34
A	US 2011012474 A1 (LEVIT MIKHAIL R [US] ET AL) 20 January 2011 (2011-01-20) paragraph [0037]; figures 2, 3	1-36
A	WO 2013054479 A1 (PANASONIC CORP [JP]) 18 April 2013 (2013-04-18) abstract; figure 5	1-36
A	WO 2011125145 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; SUGA KENICHI [JP]; SHIOTA HIROKI [JP];) 13 October 2011 (2011-10-13) abstract; figures 10-14	1-36
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 August 2018		Date of mailing of the international search report 24 August 2018
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Ganchev, Martin Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/067108**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102015207865 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 03 November 2016 (2016-11-03) abstract; figures 1-6 paragraphs [0005] - [0026]	1-36
A	JP H10271738 A (SHIBAURA ENG WORKS LTD) 09 October 1998 (1998-10-09) abstract; figures 1-11 paragraphs [0017] - [0019]	1-36
A	JP S5143304 U (.) 31 March 1976 (1976-03-31) abstract; figure 3	1-36

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/067108

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	1317048	A2	04 June 2003	EP	1317048	A2	04 June 2003
				US	2003098630	A1	29 May 2003
EP	1593191	A1	09 November 2005	CN	1745507	A	08 March 2006
				EP	1593191	A1	09 November 2005
				JP	3901104	B2	04 April 2007
				JP	2004248429	A	02 September 2004
				US	2006145548	A1	06 July 2006
				WO	2004073144	A1	26 August 2004
US	2009022610	A1	22 January 2009	CN	101336506	A	31 December 2008
				DE	102006008423	A1	30 August 2007
				EP	1987579	A1	05 November 2008
				US	2009022610	A1	22 January 2009
				WO	2007095982	A1	30 August 2007
US	2011012474	A1	20 January 2011	AT	525786	T	15 October 2011
				BR	PI0809788	A2	30 December 2014
				CA	2681504	A1	27 November 2008
				CN	101682238	A	24 March 2010
				EP	2149193	A1	03 February 2010
				JP	5279823	B2	04 September 2013
				JP	2010528571	A	19 August 2010
				KR	20100016558	A	12 February 2010
				US	2008284555	A1	20 November 2008
				US	2011012474	A1	20 January 2011
				WO	2008143927	A1	27 November 2008
WO	2013054479	A1	18 April 2013	NONE			
WO	2011125145	A1	13 October 2011	JP	WO2011125145	A1	08 July 2013
				TW	201206022	A	01 February 2012
				WO	2011125145	A1	13 October 2011
DE	102015207865	A1	03 November 2016	CN	107534332	A	02 January 2018
				DE	102015207865	A1	03 November 2016
				EP	3289669	A1	07 March 2018
				US	2018131247	A1	10 May 2018
				WO	2016173812	A1	03 November 2016
JP	H10271738	A	09 October 1998	NONE			
JP	S5143304	U	31 March 1976	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H02K1/20 H02K3/24 H02K5/08 H02K9/22
 ADD. H02K3/48

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H02K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 317 048 A2 (NISSAN MOTOR [JP]) 4. Juni 2003 (2003-06-04) Absätze [0094], [0110] - [0116]; Abbildungen 23,29,33-35 -----	1-34
X	EP 1 593 191 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; AISIN SEIKI [JP]) 9. November 2005 (2005-11-09) Zusammenfassung; Abbildungen 1-16 Absätze [0010], [0041] - [0050], [0078] -----	1-34
X	US 2009/022610 A1 (MATERNE THOMAS [DE] ET AL) 22. Januar 2009 (2009-01-22) Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 Absätze [0002] - [0020] ----- -/-	1-34

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. August 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/08/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ganchev, Martin

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2011/012474 A1 (LEVIT MIKHAIL R [US] ET AL) 20. Januar 2011 (2011-01-20) Absatz [0037]; Abbildungen 2, 3 -----	1-36
A	WO 2013/054479 A1 (PANASONIC CORP [JP]) 18. April 2013 (2013-04-18) Zusammenfassung; Abbildung 5 -----	1-36
A	WO 2011/125145 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; SUGA KENICHI [JP]; SHIOTA HIROKI [JP];) 13. Oktober 2011 (2011-10-13) Zusammenfassung; Abbildungen 10-14 -----	1-36
A	DE 10 2015 207865 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 3. November 2016 (2016-11-03) Zusammenfassung; Abbildungen 1-6 Absätze [0005] - [0026] -----	1-36
A	JP H10 271738 A (SHIBAURA ENG WORKS LTD) 9. Oktober 1998 (1998-10-09) Zusammenfassung; Abbildungen 1-11 Absätze [0017] - [0019] -----	1-36
A	JP S51 43304 U (.) 31. März 1976 (1976-03-31) Zusammenfassung; Abbildung 3 -----	1-36

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/067108

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1317048 A2	04-06-2003	EP 1317048 A2	04-06-2003
		US 2003098630 A1	29-05-2003
EP 1593191 A1	09-11-2005	CN 1745507 A	08-03-2006
		EP 1593191 A1	09-11-2005
		JP 3901104 B2	04-04-2007
		JP 2004248429 A	02-09-2004
		US 2006145548 A1	06-07-2006
		WO 2004073144 A1	26-08-2004
US 2009022610 A1	22-01-2009	CN 101336506 A	31-12-2008
		DE 102006008423 A1	30-08-2007
		EP 1987579 A1	05-11-2008
		US 2009022610 A1	22-01-2009
		WO 2007095982 A1	30-08-2007
US 2011012474 A1	20-01-2011	AT 525786 T	15-10-2011
		BR PI0809788 A2	30-12-2014
		CA 2681504 A1	27-11-2008
		CN 101682238 A	24-03-2010
		EP 2149193 A1	03-02-2010
		JP 5279823 B2	04-09-2013
		JP 2010528571 A	19-08-2010
		KR 20100016558 A	12-02-2010
		US 2008284555 A1	20-11-2008
		US 2011012474 A1	20-01-2011
		WO 2008143927 A1	27-11-2008
WO 2013054479 A1	18-04-2013	KEINE	
WO 2011125145 A1	13-10-2011	JP WO2011125145 A1	08-07-2013
		TW 201206022 A	01-02-2012
		WO 2011125145 A1	13-10-2011
DE 102015207865 A1	03-11-2016	CN 107534332 A	02-01-2018
		DE 102015207865 A1	03-11-2016
		EP 3289669 A1	07-03-2018
		US 2018131247 A1	10-05-2018
		WO 2016173812 A1	03-11-2016
JP H10271738 A	09-10-1998	KEINE	
JP S5143304 U	31-03-1976	KEINE	