

(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
29. August 2024 (29.08.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/175147 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02K 1/08 (2006.01) H02K 5/128 (2006.01)
H02K 1/14 (2006.01) H02K 3/48 (2006.01)

(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2024/100066

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Januar 2024 (26.01.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 104 582.2 24. Februar 2023 (24.02.2023) DE
10 2023 114 357.3 01. Juni 2023 (01.06.2023) DE

(72) Erfinder: **WITT, Holger**; An der Kiesgrube 5, 77815 Bühl (DE). **AGNER, Ivo**; Hornisgründestr. 22, 77815 Bühl (DE). **REIMNITZ, Dirk**; Hospital-Picaud-Straße 10, 77815 Bühl (DE). **KELLER, Aurelie**; 7 Rue des Champs, 67850 Herrlisheim (FR). **KUHL, Dennis**; Am Bach 5, 77815 Bühl (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, CV, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,

(54) Title: ELECTRIC MACHINE WITH AN INTERLOCKING CONNECTION FOR SUPPORTING THE POLE SHOES

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE MASCHINE MIT EINER FORMSCHLUSSVERBINDUNG ZUR ABSTÜTZUNG DER POLSCHUHE

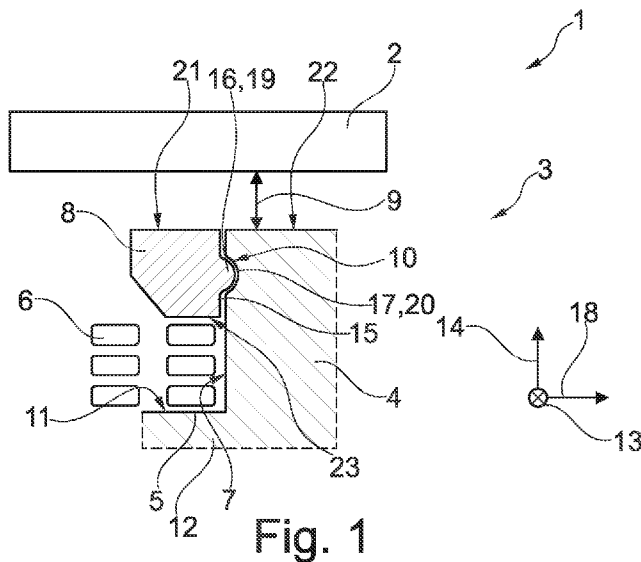


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an electric machine (1) comprising a rotor (2) and a stator (3), wherein the stator (3) has at least two stator teeth (4), a groove (5) formed between the stator teeth (4) for receiving a stator winding (6), and at least one pole shoe (8) arranged on a lateral surface (7) of the stator tooth (4), characterised in that the at least one pole shoe (8) is supported on the lateral surface (7) by means of an interlocking connection (10) directly and/or indirectly in the direction of an air gap (9) formed between the stator (3) and the rotor (2).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine (1) mit einem Rotor (2) und einem Stator (3), wobei der Stator (3) zumindest zwei Statorzähne (4), eine zwischen den Statorzähnen (4) ausgebildete Nut (5) zur Aufnahme einer Statorwicklung (6) und zumindest einen an einer Seitenfläche (7) des Statorzahns (4) angeordneten Polschuh (8) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Polschuh (8) direkt und/oder indirekt in Richtung eines zwischen dem Stator (3) und dem Rotor (2) ausgebildeten Luftspalts (9) mittels einer Formschlussverbindung (10) an der Seitenfläche (7) abgestützt ist.



WO 2024/175147 A1

RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS,
ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)*
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Elektrische Maschine mit einer Formschlussverbindung
zur Abstützung der Polschuhe

- 5 Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit einem Rotor und einem Stator, wobei der Stator zumindest zwei Statorzähne, eine zwischen den Statorzähnen ausgebildete Nut zur Aufnahme einer Statorwicklung und zumindest einen an einer Seitenfläche des Statorzahns angeordneten Polschuh aufweist.
- 10 Lücken im Stator aufgrund der Nuten für die Statorwicklungen führen zu stark inhomogenen Magnetfeldern im Bereich der Nuten, welche zusätzliche Oberwellen im Magnetfeld zur Folge haben. Diese Oberwellen im Magnetfeld führen zu zusätzlichen Verlusten im Motor und Drehungleichförmigkeiten. Es werden Polschuhe eingesetzt, um magnetische Feldlinien von beispielsweise Permanentmagneten oder einer
- 15 Wicklung in einer definierten Form heraustreten zu lassen und zu verteilen.

Aus dem Stand der Technik sind Polschuhe an den Enden der Statorzähne in Luftspaltnähe bekannt. Diese können Teil des Statorzahns sein oder als weitere Bauteile geformt werden, welche am Statorzahn befestigt werden.

20

- An den Polschuhen wirken im Betrieb in Richtung Luftspalt, der zwischen Stator und Rotor gebildet ist, hohe Kräfte. Diese Kräfte weisen große überlagerte Schwingungsamplituden auf. Bei Polschuhen, welche als getrennte Bauteile von den Statorzähnen ausgeführt sind, ist daher die Fixierung der Polschuhe am Statorzahn
- 25 ein kritischer Auslegungspunkt. Beim Einsatz in Fahrzeugen wird die Fixierung zusätzlich durch die Temperaturschwankungen belastet. Weiterhin stellt die lange Einsatzdauer während der Lebenserwartung des Fahrzeuges weitere Herausforderungen an die Lebensdauer der Fixierung.
- 30 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Stabilisierung der Abstützung der Polschuhe zu gewährleisten.

- 2 -

Dies wird bei einer gattungsgemäßen elektrischen Maschine dadurch gelöst, dass der zumindest eine Polschuh direkt und/oder indirekt in Richtung eines zwischen dem Stator und dem Rotor ausgebildeten Luftspalts mittels einer Formschlussverbindung an der Seitenfläche abgestützt ist.

5

Benachbarte Statorzähne haben mindestens eine Stirnfläche / Oberseite, die zum Rotor ausgerichtet ist. Der Bereich zwischen dieser Stirnfläche / Oberseite und dem Rotor bildet jenen magnetischen Luftspalt. Unter der Abstützung des Polschuhs „in Richtung des Luftspaltes“ ist damit zu verstehen, dass der Polschuh gegenüber den im Betrieb wirkenden Kräften, die den Polschuh zu dem Luftspalt hin ziehen, gesichert / abgestützt ist. Der Rotor weist eine Drehachse auf, um die der Rotor sich relativ zum Stator bewegt. Die Richtung der Drehbewegung ist eine Umfangsrichtung. Eine Längsrichtung der Drehachse beschreibt eine axiale Richtung des Rotors und des Stators. Die Durchmesser von Rotor und Stator sind in einer radialen Richtung definiert, die orthogonal zur axialen Richtung ausgerichtet ist.

10

15

Damit ist der Polschuh besonders stabil und mit einfachen Mitteln abgestützt.

Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beansprucht und werden nachfolgend näher erläutert.

20

Vorteilhaft ist, wenn die Formschlussverbindung ein von dem zumindest einen Polschuh und einem Statorzahn separat ausgeformtes Element aufweist. Das separate Element ist dabei so ausgelegt, dass es den Polschuh und den Statorzahn indirekt miteinander wirkverbindet. Je nach Art der Formschlussverbindung ist damit beispielsweise auch eine zusätzliche Absicherung des Polschuhs gegen die hohen Kräfte in Richtung des Luftspalts gegeben.

25

Vorteilhaft ist, wenn das separate Element auf einer dem Luftspalt zugewandten Seite oder einer dem Luftspalt abgewandten Seite des zumindest einen Polschuhs positioniert ist. Besonders bevorzugt kann das separate Element zumindest zum Teil an einer Oberseite des Polschuhs und zumindest zum Teil an einer Oberseite des Statorzahns anliegen oder in einer weiteren Ausführungsform kann das separate

30

- 3 -

Element zumindest zum Teil an einer Unterseite des Polschuhs und zumindest zum Teil an der Seitenfläche des Statorzahns anliegen. Vorzugsweise ist in diesem Bereich die Formschlussverbindung gebildet. Damit ist eine Flexibilität für das separate Element gegeben, das gemäß des zur Verfügung stehenden Bauraums genutzt werden kann.

Bevorzugt ist das separate Element eine Abdeckmembran. Die Abdeckmembran dient dabei zusätzlich als eine Art Abtrennung, welche eine Trennung zwischen dem Stator und dem Luftspalt bewirkt. Dies dient beispielsweise für eine Medientrennung zwischen Nut und Luftspalt. Besonders bevorzugt ist, wenn die Abdeckmembran mit den Statorzähnen und/oder dem zumindest einen Polschuh stoffschlüssig verbunden oder der Polschuh in die Abdeckmembran eingebettet ist. Als stoffschlüssige Verbindung kann die Abdeckmembran beispielsweise angeklebt sein. Ist der Polschuh in die Abdeckmembran eingebettet, so weisen Abdeckmembran und Polschuh eine gemeinsame Unterbaugruppe auf. Dies vereinfacht die Montage.

Von Vorteil ist, wenn eine Formschlusskontur der Formschlussverbindung an dem zumindest einen Polschuh gebildet ist und/oder eine Formschlussgegenkontur der Formschlussverbindung an einem Statorzahn gebildet ist. Mittels dieser Kombination ist eine Absicherung des Polschuhs gegen die hohen Kräfte in Richtung des Luftspalts gegeben. Je nach Ausgestaltung der Formschlusskontur und der Formschlussgegenkontur kann beispielsweise eine zusätzliche Absicherung dieser Formschlussverbindung mit dem separaten Element erfolgen.

Außerdem kann die Formschlusskontur des zumindest einen Polschuh die Formschlussgegenkontur der Seitenfläche des Statorzahns in Richtung des Luftspalts übergreifen und/oder die Formschlusskontur des zumindest einen Polschuh kann von der Formschlussgegenkontur der Seitenfläche des Statorzahns in Richtung des Luftspalts untergriffen sein. Bevorzugt weist die Formschlusskontur des zumindest einen Polschuh oder die Formschlussgegenkontur der Seitenfläche des Statorzahns einen in Umfangsrichtung abstehenden Vorsprung auf. Ebenfalls besonders bevorzugt ist, wenn der Gegenpart der Formschlusskontur oder der Formschlussgegenkontur eine Vertiefung / Einkerbung aufweist. Der Vorsprung und/oder Vertiefung kann dabei

- 4 -

im Querschnitt beispielsweise halbkreisförmig oder rechteckig sein. Besonders bevorzugt ist bei einem halbkreisförmigen Querschnitt eine konkave bzw. konvexe Ausgestaltung vorteilhaft.

- 5 Es hat sich als zweckmäßig herausgestellt, wenn der Vorsprung der Formschlusskontur und/oder der Gegenformschlusskontur mittels eines Hinterschnitts geformt ist. Dieser dient zur Abstützung der auf den Polschuh in Richtung des Luftspalts wirkenden Kräfte.
- 10 Außerdem können Spalte / Zwischenräume zwischen Flächen von Polschuh, Statorzahn und/oder der Abdeckmembran, die nicht für die Formschlussverbindung eingesetzt / genutzt sind, mit einem weiteren Material, beispielsweise einem Klebstoff, ausgefüllt sein. Dies sorgt für eine zusätzliche Stabilität.
- 15 Des Weiteren kann die Anzahl an Formschlusskonturen an einem Polschuh und/oder Formschlussgegenkontur am Statorzahn nicht auf eine Kontur begrenzt sein. Eine Vielzahl / Mehrzahl an Formschlusskonturen und/oder Formschlussgegenkonturen ist möglich. Darüber hinaus ist eine Kombination der zuvor beschriebenen Ausführungsformen bzw. Merkmalen miteinander möglich.
- 20 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist der Polschuh eine Polschuh-Baugruppe. Die Polschuhbaugruppe kann Polschuhe, die in einer Nut positioniert sind, oder Polschuhe aus voneinander verschiedenen Nuten aufweisen. Die Polschuh-Baugruppe ist nicht auf eine Anzahl von zwei Polschuhen begrenzt, die
- 25 Polschuh-Baugruppe kann eine Vielzahl von Polschuhen aufweisen.

Die elektrische Maschine kann bevorzugt eine Radialflussmaschine oder besonders bevorzugt eine Axialflussmaschine sein.

- 30 Des Weiteren kann es sich bei der Axialflussmaschine um eine Maschine in H-Anordnung, I-Anordnung oder um eine Mischform handeln. Bei einer H-Anordnung ist ein mittig angeordneter Stator von zwei über eine Welle verbundene Rotorscheiben umgeben, die jeweils seitlich vom Stator angeordnet sind. Bei einer I-Anordnung

- 5 -

hingegen weist die elektrische Maschine zwei Statoren und einen Rotor auf einer Welle auf, wobei der Rotor axial zwischen den beiden Statoren angeordnet ist. Bei den Mischformen kann auch beispielsweise eine Axialflussmaschine mit nur einem Stator und einem Rotor oder mit mehreren Rotoren als auch mehreren Statoren
5 gegeben sein.

Die Formschlussverbindung kann dabei eine lösbare oder unlösbare Verbindung sein. Eine Formschlussverbindung, die den Polschuh an der Seitenfläche des Statorzahns direkt abstützt impliziert eine unmittelbare Kopplung von Polschuh und
10 Statorzahn miteinander. Eine Formschlussverbindung, die den Polschuh an der Seitenfläche des Statorzahns indirekt abstützt impliziert ein Element, welches jeweils direkt mit dem Statorzahn und/oder dem Polschuh gekoppelt ist. Mittels der Formschlussverbindung kann der Polschuh auch in einer Richtung des Polschuhs zur Seitenfläche des Statorzahns, die quer zur Richtung des Luftspalts ist, (sprich in
15 Umfangsrichtung) abgestützt sein. Der Polschuh ist dabei in seiner Bewegungsfreiheit beschränkt. Je nach Formschlussverbindung kann der Polschuh in Richtung des magnetischen Luftspalts und/oder in der Richtung vom Polschuh zur Seitenfläche des Statorzahns hin (sprich in Umfangsrichtung) beschränkt / gesperrt sein. Insgesamt ist damit eine Absicherung des Polschuhs gegen die hohen Kräfte in Richtung des
20 Luftspalts gegeben.

In anderen Worten betrifft die Erfindung einen Hinterschnitt zur Abstützung der auf den Polschuh in axialer Richtung, in Richtung des Luftspalts, wirkenden Kräfte. Die rotornahe Fläche dieser Hinterschnittskontur nimmt die axialen Kräfte auf.
25

In einer ersten Ausführungsform ist die Hinterschnittkontur vollständig am Statorzahn gebildet.

In einer zweiten Ausführungsform ist die Hinterschnittkontur aus Statorzahn und
30 einem zusätzlichen Bauteil, beispielsweise einer Membran, gebildet.

Verschiedene vorteilbehaftete Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand einer Zeichnung mit Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

- 5 Fig. 1 einen Ausschnitt einer elektrischen Maschine mit einem Polschuh mit einer Formschlussverbindung in einer ersten Ausführungsform,
- Fig. 2 einen Ausschnitt der elektrischen Maschine mit einem Polschuh mit einer Formschlussverbindung in einer zweiten Ausführungsform,
- 10 Fig. 3 einen Ausschnitt der elektrischen Maschine mit einem Polschuh mit einer Formschlussverbindung in einer alternativen Ausführungsform zu Fig. 2,
- Fig. 4 einen Ausschnitt der elektrischen Maschine mit einem Polschuh mit einer Formschlussverbindung in einer dritten Ausführungsform.

15

Die Figuren sind lediglich schematischer Natur und dienen ausschließlich dem Verständnis der Erfindung. Die gleichen Elemente sind mit denselben Bezugszeichen versehen. Merkmale der einzelnen Ausführungsformen lassen sich untereinander austauschen und alternativ / kumulativ einsetzen.

20

Die Fig. 1 bis 4 zeigen einen Ausschnitt einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine 1 mit einem Rotor 2 und einem Stator 3, wobei der Stator 3 zumindest zwei Statorzähne 4, eine zwischen den Statorzähnen 4 ausgebildete Nut 5 zur Aufnahme einer Statorwicklung 6 und zumindest einen an einer Seitenfläche 7 des Statorzahns 4 angeordneten Polschuh 8 aufweist. Hervorzuheben ist, dass der zumindest eine Polschuh 8 direkt und/oder indirekt in Richtung eines zwischen dem Stator 3 und dem Rotor 2 ausgebildeten Luftspalts 9 mittels einer Formschlussverbindung 10 an der Seitenfläche 7 abgestützt ist. Die in Fig. 1 bis 4 dargestellten Varianten der elektrischen Maschine 1 beziehen sich auf eine elektrische Maschine 1 in Form einer Axialflussmaschine.

25

30

Der Ausschnitt der Fig. 1 bis 4 fokussiert sich auf die Darstellung eines Polschuhs 8 an einer Seitenfläche 7 des Statorzahns 4. Der Statorzahn 4 weist die Seitenfläche 7

- 7 -

auf, die gleichfalls eine Flanke / Nutflanke der anliegenden Nut 5 ist. Die Nut 5 weist einen Boden, einen Nutboden 11, auf. Dieser Nutboden 11 ist ebenfalls die Oberfläche eines Statorjochs 12. Die Nut 5 erstreckt sich in ihrer Längsrichtung in eine radiale Richtung 13 des Stators 3. Die Höhe der Nut 5 in einer axialen Richtung 14 des Stators 3, in Richtung des Luftspalts 9, entspricht dabei der Höhe des Statorzahns 4. Der Polschuh 8 ist in der dargestellten Ausführungsform als sich in Längsrichtung der Nut 5, darstellungsgemäß der radialen Richtung 13 des Stators 3, erstreckendes Element ausgebildet. In der axialen Richtung 14 zum Stator 3 beabstandet ist der Rotor 2 schematisch dargestellt, wobei zwischen Rotor 2 und Stator 3 in axialer Richtung 14 der magnetischer Luftspalt 9 gebildet ist.

In Fig. 1 weist der Polschuh 8 an seiner Seitenfläche 15, die zu der Seitenfläche 7 des Statorzahns 4 orientiert ist, eine Formschlusskontur 16 auf, die passend zu einer Formschlussgegenkontur 17 des Statorzahns 4 an dessen Seitenfläche 7 ist. Formschlusskontur 16 und Formschlussgegenkontur 17 befinden sich in direkter Anlage miteinander und bilden somit eine direkte Formschlussverbindung 10. Die Formschlusskontur 16 ist mittels eines in einer Umfangsrichtung 18 abstehenden Vorsprungs 19 gebildet, wobei der Querschnitt des Vorsprungs 19 eine halbkreisförmige Form, eine konvexe Ausgestaltung, aufweist. Der Rotor 2 weist eine Drehachse auf, um die der Rotor 2 sich relativ zum Stator 3 bewegt. Die Richtung der Drehbewegung ist die Umfangsrichtung 18. Die Formschlussgegenkontur 17 ist eine Vertiefung 20, die eine zum Vorsprung 19 der Formschlusskontur 16 passende Gegenform aufweist. Vorliegend ist dies ebenfalls eine halbkreisförmige Form, eine konkave Ausgestaltung. Der Polschuh 8 ist damit an der Seitenfläche 7 des Statorzahns 4 direkt abgestützt. Darstellungsgemäß ist der Polschuh 8 in Richtung des Luftspalts 9 und in Umfangsrichtung 18 in seiner Bewegung / Freiheitsgrad gesperrt.

Darstellungsgemäß ist der Polschuh 8 an dem Statorzahn 4 so positioniert, dass ein bündiger Übergang von einer Oberseite 21 des Polschuhs 8 zu einer Oberseite 22 des Statorzahns 4 gegeben ist. Zwischen einer Unterseite 23 des Polschuhs 8 und dem Nutboden 11 ist die Statorwicklung 6 positioniert, die um den Statorzahn 4 gewickelt ist (hier ist darstellungsgemäß nur ein Teil der Statorwicklung 6 dargestellt).

In einer zweiten Ausführungsform gemäß der Fig. 2 ist der Polschuh 8 mittels einer Kombination aus Formschlusskontur 16 und Formschlussgegenkontur 17 sowie einem separaten Element 24, also eine direkte und indirekte Formschlussverbindung 10, abgestützt. Die indirekte Formschlussverbindung 10 beschreibt dabei, dass ein separates Element 24 genutzt ist, damit der Polschuh 8 an der Seitenfläche 7 abgestützt ist. Der Polschuh 8 weist an seiner Seitenfläche 15 einen in Umfangsrichtung 18 abstehenden Vorsprung 19 auf, der an einer Vertiefung 20 des Statorzahns 4 anliegt. Der Vorsprung 19 des Polschuhs 8 greift dabei über die Seitenfläche 7 des Statorzahns 4 und liegt formschlüssig in der Vertiefung 20 des Statorzahns 4. Der abstehende Vorsprung 19 ist am Polschuh 8 zu dessen Oberseite 21 und zur Seitenfläche 7 des Statorzahns 2 orientiert. Da diese Formschlussverbindung 9 keine eigene Sicherung aufweist, ist zur Absicherung der Formschlusskontur 16 und Formschlussgegenkontur 17 auf der Oberseite 21 des Polschuhs 8 und auf der Oberseite 22 des Statorzahns 2 das separate Element 24 vorgesehen, das dort anliegt, hier als eine separate Abdeckmembran. Die Abdeckmembran ist dabei mit den Oberseiten 21, 22 verklebt.

In Fig. 3 ist nun eine alternative Ausgestaltung der Formschlussverbindung 9 in Bezug auf Formschlusskontur 16 und Formschlussgegenkontur 17 im Vergleich zur Fig. 2 dargestellt. Dabei weist der Polschuh 8 die Vertiefung 20 in Umfangsrichtung 18 auf, die die Formschlusskontur 16 des Polschuhs 8 bildet. Die Seitenfläche 7 des Statorzahns 4 weist den in Umfangsrichtung 18 abstehenden Vorsprung 19 auf. Damit ist die Formschlusskontur 16 des Polschuhs 8 von der Formschlussgegenkontur 17 der Seitenfläche 7 des Statorzahns 4 in Richtung des Luftspalts untergriffen. Die zusätzliche Absicherung ist gemäß der Fig. 2 mittels des separaten Elements 24 umgesetzt.

In Fig. 4 ist eine dritte Ausführungsform der Formschlussverbindung 10 dargestellt. Der Polschuh 8 und der Statorzahn 4 weisen im Vergleich zu den vorherigen Ausführungsformen keine Formschlusskontur 16 und keine Formschlussgegenkontur 17 auf. Der Polschuh 8 ist mittels der indirekten Formschlussverbindung 10 an der Seitenfläche 7 des Statorzahns 4 mittels dem separaten Element 24, hier die

- 9 -

Abdeckmembran, abgestützt. Dabei ist die Abdeckmembran mit der Oberseite 21 des Polschuhs 8 sowie mit der Oberseite 22 des Statorzahns 4 verklebt.

Die in Fign. 1 bis 4 beschriebenen Merkmale sind nicht auf die Nutzung eines Stators 3 und Rotors 2 für eine Axialflussmaschine beschränkt. Die Merkmale können ebenfalls bei einem Stator und einem Rotor für eine Radialflussmaschine vorhanden sein.

Die elektrische Maschine kann prinzipiell verschiedene Ausführungsvarianten aufweisen, wobei unter der elektrischen Maschine ein elektromechanischer Wandler verstanden wird, welcher mechanische und elektrische Leistung / Energie ineinander umwandelt. Ein die Statorzähne ausbildender Grundkörper des Stators ist bevorzugt in Form eines Statorblechpakets ausgeformt.

Bezugszeichenliste

1	Elektrische Maschine
2	Rotor
3	Stator
4	Statorzahn
5	Nut
6	Statorwicklung
7	Seitenfläche
8	Polschuh
9	Luftspalt
10	Formschlussverbindung
11	Nutboden
12	Statorjoch
13	radiale Richtung
14	axiale Richtung
15	Seitenfläche des Polschuhs
16	Formschlusskontur
17	Formschlussgegenkontur
18	Umfangsrichtung
19	Vorsprung
20	Vertiefung
21	Oberseite des Polschuhs
22	Oberseite des Statorzahns
23	Unterseite des Polschuhs
24	separates Element

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine (1) mit einem Rotor (2) und einem Stator (3), wobei der Stator (3) zumindest zwei Statorzähne (4), eine zwischen den Statorzähnen (4) ausgebildete Nut (5) zur Aufnahme einer Statorwicklung (6) und zumindest einen an einer Seitenfläche (7) des Statorzahns (4) angeordneten Polschuh (8) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Polschuh (8) direkt und/oder indirekt in Richtung eines zwischen dem Stator (3) und dem Rotor (2) ausgebildeten Luftspalts (9) mittels einer Formschlussverbindung (10) an der Seitenfläche (7) abgestützt ist.
2. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Formschlussverbindung (10) ein von dem zumindest einen Polschuh (8) und einem Statorzahn (4) separat ausgeformtes Element (24) aufweist.
3. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das separate Element (24) auf einer dem Luftspalt (9) zugewandten Seite oder einer dem Luftspalt (9) abgewandten Seite des zumindest einen Polschuhs (8) positioniert ist.
4. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das separate Element (24) eine Abdeckmembran ist.
5. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Abdeckmembran mit den Statorzähnen (4) und/oder dem zumindest einen Polschuh (8) stoffschlüssig verbunden ist oder der zumindest eine Polschuh (8) in die Abdeckmembran eingebettet ist.
6. Elektrische Maschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Formschlusskontur (16) der Formschlussverbindung (10) an dem zumindest einen Polschuh (8) gebildet ist und/oder eine Formschlussgegenkontur (17) der Formschlussverbindung (10) an einem Statorzahn (4) gebildet ist.

- 12 -

7. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Formschlusskontur (16) des zumindest einen Polschuh (8) die Formschlussgegenkontur (17) der Seitenfläche (7) des Statorzahns in Richtung des Luftspalts (9) übergreift und/oder die Formschlusskontur (16) des zumindest einen Polschuh (8) von der Formschlussgegenkontur (17) der Seitenfläche (7) des Statorzahns in Richtung des Luftspalts (9) untergriffen ist.
8. Elektrische Maschine (1) nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Formschlusskontur (16) des zumindest einen Polschuh (8) oder der Formschlussgegenkontur (17) einen in Umfangsrichtung (18) abstehenden Vorsprung (19) aufweist.
9. Elektrische Maschine (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Formschlussgegenkontur (17) eine Vertiefung (20) aufweist.
10. Elektrische Maschine (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Polschuh (8) eine Vielzahl an Formschlusskonturen (16) aufweist.

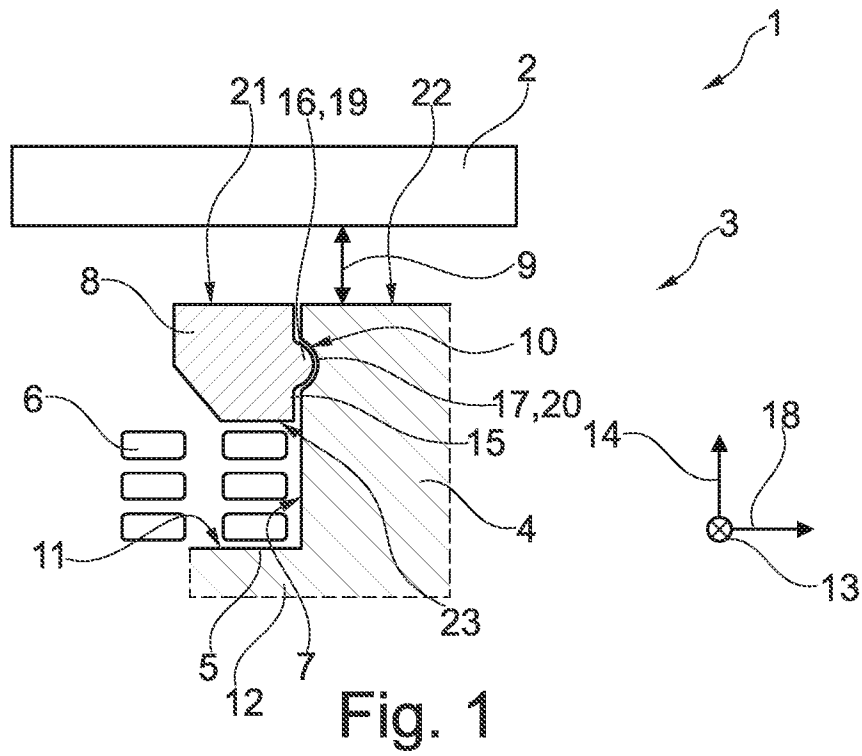


Fig. 1

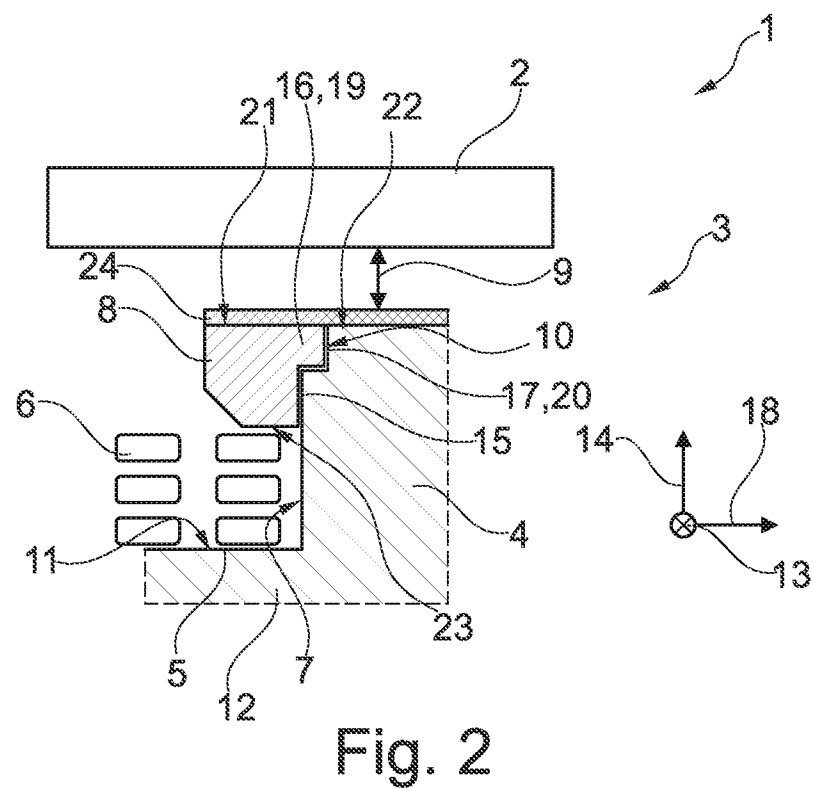
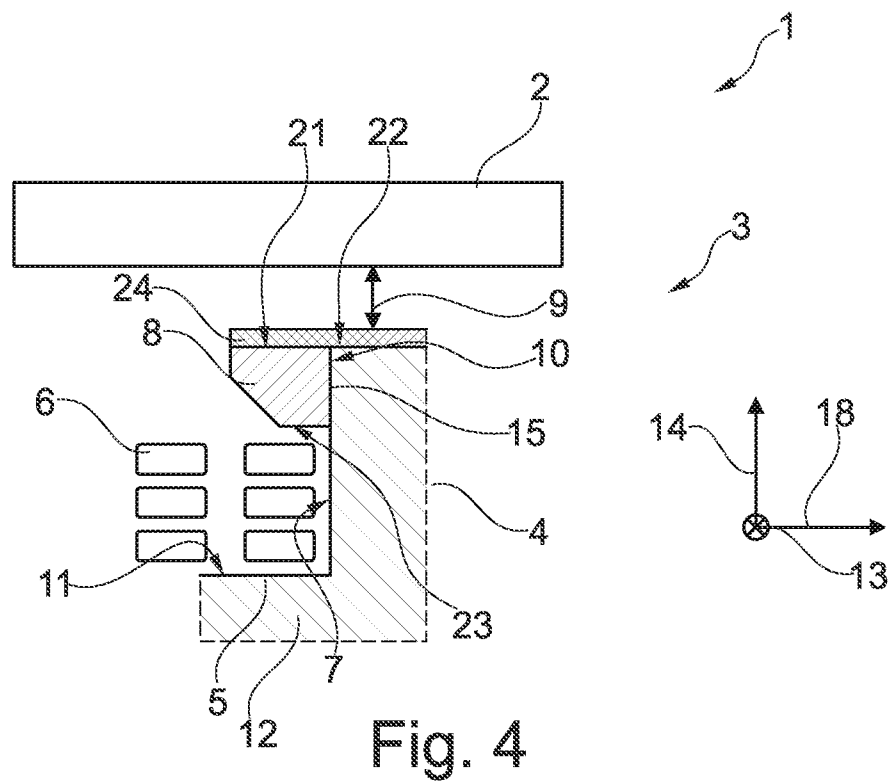
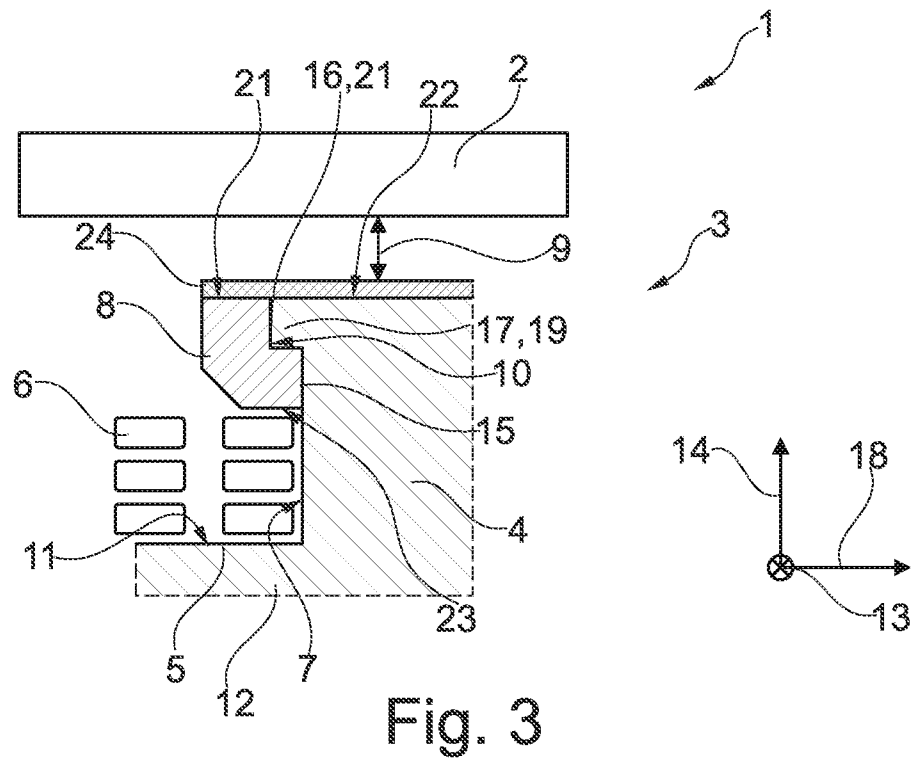


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2024/100066

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H02K 1/08 (2006.01)i; H02K 1/14 (2006.01)i; H02K 5/128 (2006.01)n; 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	US 2002149282 A1 (HEIDRICH MARKUS [DE]) 17 October 2002 (2002-10-17) abstract; figures 1-2 paragraphs [0014] - [0022]	1-10
X	DE 102018205774 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17 October 2019 (2019-10-17) abstract; claim 1; figures 2-3	1-10
X	US 2021044160 A1 (LEIBER THOMAS [HR]) 11 February 2021 (2021-02-11) abstract; figure 2 paragraphs [0063] - [0065]	1-10
X	WO 2022175421 A2 (ELECTRICAL AUTOMATION LTD [GB]) 25 August 2022 (2022-08-25) abstract; figures 2-5b	1-10
X	US 2006108890 A1 (HAUGER WILLI [DE] ET AL) 25 May 2006 (2006-05-25) abstract; claims 1-6; figures 3.6-9	1-10
X	US 2017179783 A1 (HOZUMI TAKASHI [JP] ET AL) 22 June 2017 (2017-06-22) abstract; figures 12-17	1-10
☐ 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 28 April 2024		Date of mailing of the international search report 13 May 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Ramos, Horacio Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/DE2024/100066

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
US	2002149282	A1	17 October 2002	DE	10022071	A1	15 November 2001
				EP	1282931	A1	12 February 2003
				JP	2003533160	A	05 November 2003
				KR	20020033720	A	07 May 2002
				US	2002149282	A1	17 October 2002
				WO	0186779	A1	15 November 2001

DE	102018205774	A1	17 October 2019	NONE			

US	2021044160	A1	11 February 2021	CN	111699612	A	22 September 2020
				DE	102018102754	A1	08 August 2019
				GB	2585575	A	13 January 2021
				US	2021044160	A1	11 February 2021
				WO	2019154651	A1	15 August 2019

WO	2022175421	A2	25 August 2022	EP	4295468	A2	27 December 2023
				US	2024146124	A1	02 May 2024
				WO	2022175421	A2	25 August 2022

US	2006108890	A1	25 May 2006	JP	2006191788	A	20 July 2006
				US	2006108890	A1	25 May 2006

US	2017179783	A1	22 June 2017	CN	103368311	A	23 October 2013
				EP	2645542	A2	02 October 2013
				KR	20130111411	A	10 October 2013
				TW	201351849	A	16 December 2013
				US	2013272904	A1	17 October 2013
				US	2016013698	A1	14 January 2016
				US	2017179783	A1	22 June 2017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02K1/08 H02K1/14
ADD. H02K5/128 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	US 2002/149282 A1 (HEIDRICH MARKUS [DE]) 17. Oktober 2002 (2002-10-17) Zusammenfassung; Abbildungen 1-2 Absätze [0014] - [0022] -----	1-10
X	DE 10 2018 205774 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17. Oktober 2019 (2019-10-17) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen 2-3 -----	1-10
X	US 2021/044160 A1 (LEIBER THOMAS [HR]) 11. Februar 2021 (2021-02-11) Zusammenfassung; Abbildung 2 Absätze [0063] - [0065] -----	1-10
X	WO 2022/175421 A2 (ELECTRICAL AUTOMATION LTD [GB]) 25. August 2022 (2022-08-25) Zusammenfassung; Abbildungen 2-5b ----- -/-	1-10

☒ 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 28. April 2024	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 13/05/2024
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 Ramos, Horacio

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2006/108890 A1 (HAUGER WILLI [DE] ET AL) 25. Mai 2006 (2006-05-25) Zusammenfassung; Ansprüche 1-6; Abbildungen 3, 6-9 -----	1-10
X	US 2017/179783 A1 (HOZUMI TAKASHI [JP] ET AL) 22. Juni 2017 (2017-06-22) Zusammenfassung; Abbildungen 12-17 -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2024/100066

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002149282 A1	17-10-2002	DE 10022071 A1	15-11-2001
		EP 1282931 A1	12-02-2003
		JP 2003533160 A	05-11-2003
		KR 20020033720 A	07-05-2002
		US 2002149282 A1	17-10-2002
		WO 0186779 A1	15-11-2001

DE 102018205774 A1	17-10-2019	KEINE	

US 2021044160 A1	11-02-2021	CN 111699612 A	22-09-2020
		DE 102018102754 A1	08-08-2019
		GB 2585575 A	13-01-2021
		US 2021044160 A1	11-02-2021
		WO 2019154651 A1	15-08-2019

WO 2022175421 A2	25-08-2022	EP 4295468 A2	27-12-2023
		WO 2022175421 A2	25-08-2022

US 2006108890 A1	25-05-2006	JP 2006191788 A	20-07-2006
		US 2006108890 A1	25-05-2006

US 2017179783 A1	22-06-2017	CN 103368311 A	23-10-2013
		EP 2645542 A2	02-10-2013
		KR 20130111411 A	10-10-2013
		TW 201351849 A	16-12-2013
		US 2013272904 A1	17-10-2013
		US 2016013698 A1	14-01-2016
		US 2017179783 A1	22-06-2017
