

(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
14. August 2014 (14.08.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/121976 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 1/27 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/050434

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. Januar 2014 (13.01.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 202 011.2
7. Februar 2013 (07.02.2013) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE];
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **EVANS, Steven Andrew**; Berliner Strasse 10,
77815 Buehl (DE). **AUGIER, Jean-Luc**; Hummelbergstr.
17, 71679 Asperg (DE). **MARTIN, Norbert**; Im
Haenferstueck 5, 77855 Achern (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**;
Postfach 30 02 20, 70442 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, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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.

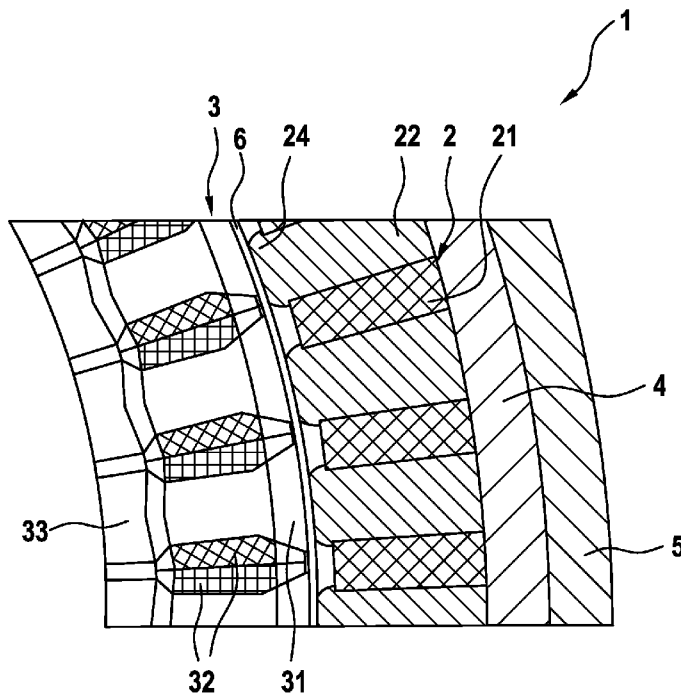
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DRIVE MOTOR FOR THE GEARLESS DRIVING OF A TWO-WHEELER

(54) Bezeichnung : ANTRIEBSMOTOR ZUM GETRIEBELOSEN ANTRIEB EINES ZWEIRADS

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a drive motor (1) for a drive wheel of a two-wheeler, comprising: - a circular cylindrical rotor arrangement (2) which is in the form of an outer rotor and has rotor poles (22) and permanent magnets (21); and - a stator arrangement (3) which is in the form of an inner stator and has stator teeth (31) and controllable stator coils (32); the permanent magnets (22) of the rotor arrangement (2) being arranged in such a way that the rotor arrangement (2) has saliency.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Antriebsmotor (1) für ein Antriebsrad eines Zweirads, umfassend: -eine als Außenläufer ausgebildete, kreiszylinderförmige Läuferanordnung (2) mit Läuferpolen (22) und mit Permanentmagneten (21); und -eine als Innenstator ausgebildete Statoranordnung (3) mit Statorzähnen (31) und ansteuerbaren Statorspulen (32); wobei die Permanentmagnete (22) der Läuferanordnung (2) so angeordnet sind, dass die Läuferanordnung (2) eine Salienz aufweist.



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:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)*

5 Beschreibung

Titel

Antriebsmotor zum getriebelosen Antrieb eines Zweirads

10

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft Elektromotoren zum Einsatz an einer Hinterradnabe eines Zweirads mit einem mit einer Felge verbundenen Außenläufer.

15

Stand der Technik

20

Elektrisch betriebene Zweiräder werden häufig mit getriebelosen Radnabenmotoren im Hinterrad betrieben. Die Elektromotoren sind dabei vorzugsweise in Form von bürstenlosen, elektronisch kommutierten Elektromotoren, so genannten PMSM-Motoren, ausgebildet.

25

Derartige Elektromotoren weisen eine achsfeste innenliegende Statoranordnung mit hoher Nutzahl von üblicherweise mehr als 51 auf. Der Läufer dieser Elektromotoren ist fest mit der Felge des Hinterrads verbunden und weist üblicherweise einen auf einen Rückschlussring montierten Kranz von Permanentmagneten, insbesondere Seltene-Erden-Permanentmagneten, mit hoher Polzahl auf.

30

Eine solche Bauweise ist nachteilig, da die Läufer so gut wie keine ausgeprägte Salienz aufweisen (engl.: saliency), d. h. die virtuellen Induktivitäten L_d und L_q , bezogen auf ein rotorfestes Koordinatensystem, sind im Wesentlichen identisch, insbesondere lageunabhängig. Dadurch entfällt die Möglichkeit, ein Reluktanzmoment zu nutzen und den Elektromotor in einem Feldschwächbetrieb zu betreiben. Das heißt der Motor kann nur im Ankerstellbereich nutzbar betrieben werden. Sobald die durch die Drehung des Läufers in den Statorphasen induzierte Spannung die maximal durch die Betriebsspannungsquelle und die Trei-

35

berschaltung lieferbare Phasenspannung erreicht, reduziert sich das Antriebsmoment und begrenzt damit die mögliche aktive Maximaldrehzahl.

5 Darüber hinaus erschwert das Fehlen einer Salienz im Läufer einen Betrieb des Elektromotors mit sensorloser Läuferlageerfassung, da nur bei Elektromotoren mit ausgeprägter Salienz über die Anschlussinduktivität des Elektromotors ohne zusätzlichen physikalischen Sensor eine Läuferlageinformation gewonnen werden kann.

10 Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine alternative Läuferanordnung für Antriebsmotoren für Zweiräder zur Verfügung zu stellen, durch die eine Nutzung eines zusätzlichen Reluktanzmoments und/oder eine einfachere Erfassung der Läuferlage möglich ist.

15 Offenbarung der Erfindung

Diese Aufgabe wird durch die Läuferanordnung für einen Antriebsmotor für ein Antriebsrad eines Zweirads gemäß Anspruch 1 sowie durch den Antriebsmotor, das Antriebssystem und das Verfahren zum Betreiben eines derartigen Antriebsmotors gemäß den nebengeordneten Ansprüchen gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

25 Gemäß einem ersten Aspekt ist ein Antriebsmotor für ein Antriebsrad eines Zweirads vorgesehen, umfassend:

- eine als Außenläufer ausgebildete, kreiszylinderförmige Läuferanordnung mit Läuferpolen und mit Permanentmagneten; und
- eine als Innenstator ausgebildete Statoranordnung mit Statorpolen und ansteuerbaren Statorspulen;

30 wobei die Permanentmagnete der Läuferanordnung so angeordnet sind, dass die Läuferanordnung eine Salienz aufweist.

35 Durch das Vorsehen der Läuferanordnung mit einer Salienz kann beim Betreiben eines mit einer derartigen Läuferanordnung ausgebildeten Elektromotors im Syn-

chronbetrieb mithilfe einer geeigneten Vorkommutierung des Elektromotors ein zusätzliches Reluktanzmoment genutzt werden.

Weiterhin wird durch die ausgeprägte Salienz ein energieeffizienter
5 Feldschwächbetrieb ermöglicht, der den nutzbaren Drehzahlbereich hin zu höheren Drehzahlen erweitert.

Weiterhin kann vorgesehen sein, dass die Permanentmagnete mit tangentialer Polungsrichtung zwischen den Läuferpolen der Läuferanordnung angeordnet
10 sind. Durch eine solche Läuferanordnung kann dem Läufer eine ausgeprägte Salienz verliehen werden. Eine Idee der obigen Läuferanordnung besteht darin, die Permanentmagnete speichenförmig anzuordnen. Jeweils zwei benachbarte Permanentmagnete schließen dabei einen Läuferpol ein.

Weiterhin ist es durch die obige Läuferanordnung möglich, auf Seltene-Erden-Magnetmaterialien zu verzichten und stattdessen konventionelle und kosten-
15 günstige Ferritmaterialien für die Permanentmagnete zu nutzen.

Weiterhin kann ein an einer äußeren Mantelfläche der Läuferanordnung angeordnetes Halteelement aus paramagnetischem Material vorgesehen sein, um
20 eine magnetische Trennung zwischen den Läuferpolen zu gewährleisten. Dadurch weist die Läuferanordnung keinen Rückschlussbereich auf.

Es kann vorgesehen sein, dass die Läuferpole mit ihren radial inneren Enden
25 bündig mit den radial inneren Enden der Permanentmagnete abschließen oder nach innen über die radial inneren Enden der Permanentmagnete hervorstehen.

Gemäß einer Ausführungsform können die Polflächen der Permanentmagnete an in tangentialer Richtung ausgerichteten Seitenflächen der Läuferpole anliegen.
30

Gemäß einem weiteren Aspekt ist ein Antriebssystem für ein Zweirad vorgesehen. Das Antriebssystem umfasst den obigen Antriebsmotor, der im Inneren eines Felgenkörpers vorgesehen ist.

Gemäß einem weiteren Aspekt ist ein Verfahren zum Betreiben des obigen Antriebsmotors vorgesehen, wobei die Statorspulen gemäß einem vorgegebenen
35

Kommutierungsschema angesteuert werden, um ein Statormagnetfeld zu erzeugen, das mit einem von den Permanentmagneten erzeugten Erregermagnetfeld wechselwirkt, um ein Antriebsmoment zu bewirken, wobei das Statormagnetfeld so erzeugt wird, dass ein Winkel zwischen dem Erregermagnetfeld und dem Statormagnetfeld mehr als 90° elektrischer Läuferlage entspricht.

Weiterhin kann ein konstanter, von der Salienz der Läuferanordnung abhängiger Vorkommutierungswinkel vorgesehen werden, mit dessen Hilfe die Ansteuerung zum Erzeugen des Statormagnetfelds vorgenommen wird.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Querschnittsdarstellung eines Ausschnitts durch einen Elektromotor mit einer Läuferanordnung, die eine Salienz aufweist; und
- Figur 2 ein Diagramm zur Darstellung von Last-/Drehzahl-Kennlinien eines Elektromotors ohne Salienz sowie eines Elektromotors mit Salienz mit verschiedenen Vorkommutierungswinkeln der Ansteuerung.

Beschreibung von Ausführungsformen

Figur 1 zeigt eine Querschnittsdarstellung eines Ausschnitts durch einen Elektromotor 1 als Antriebsmotor für einen getriebelosen Antrieb eines Hinterrads eines Zweirads. Der Querschnitt ist quer zur axialen Richtung.

Bei dem Elektromotor 1 handelt es sich um einen elektronisch kommutierten Außenläufermotor mit einer Läuferanordnung 2 als Außenläufer und einer Statoranordnung 3 als Innenstator.

Die Läuferanordnung 2 ist ring- bzw. kreiszylinderförmig ausgebildet und drehbar um eine Hinterradachse des Zweirads gelagert. Die Läuferanordnung 2 ist mit

Permanentmagneten 21 ausgebildet, zwischen denen Läuferpole 22 angeordnet sind. Die Permanentmagnete 21 weisen eine Polungsrichtung in tangentialer Richtung auf, so dass die Magnetpole an radial verlaufenden Seitenflächen der Läuferpole 22 anliegen. Die Läuferpole 22 enden an ihrem radial äußeren Ende im Wesentlichen bündig mit den radial äußeren Enden der Permanentmagnete 21, so dass eine im Wesentlichen kreisförmige Mantelfläche der Läuferanordnung 2 gebildet wird. Die kreisförmige Mantelfläche ist über ein Halteelement 4 aus paramagnetischem, d.h. nicht leitendem, Material mit einem (nicht gezeigten) Felgenkörper 5 des Antriebsrads verbunden.

Die Läuferpole 22 können an ihrem radial inneren, einem Luftspalt 6 des Elektromotors 1 zugewandten Ende im Wesentlichen bündig mit den radial inneren Enden der Permanentmagnete 21 abschließen, so dass eine im Wesentlichen kreisförmige innere Mantelfläche der Läuferanordnung 2 gebildet wird. In alternativen Ausführungsformen können die Läuferpole 22 mit ihrem radial inneren Ende über das radial innere Ende der Permanentmagnete 21 vorstehen und die Permanentmagnete 21 an deren Kanten teilweise überlappen. Auf diese Weise können Polköpfe 24 gebildet werden, die eine verbesserte Flussverteilung in dem Luftspalt 6 ermöglichen.

Im Inneren der Läuferanordnung 2 ist die Statoranordnung 3 vorgesehen, die achsfest, d. h. nicht drehbar, mit dem Zweirad verbunden ist. Die Statoranordnung 3 ist mit Statorzähnen 31 versehen. Die Statorzähne 31 sind von Statorspulen 32 umgeben, die zum Bereitstellen eines Statormagnetfelds gemäß einem Kommutierungsmuster bestromt werden können. Mögliche Kommutierungsmuster sind Sinuskommutierung oder Blockkommutierung, wobei auch andere Kommutierungsarten denkbar sind. Die Statorzähne 31 sind über einen achsnahen magnetischen Rückschlussbereich 33 miteinander verbunden.

Die Statoranordnung 3 ist so im Inneren der Läuferanordnung 2 angeordnet, dass beide Anordnungen durch den Luftspalt 6 voneinander getrennt sind. Die Läuferanordnung 2 ist um eine (nicht gezeigte) Drehachse gelagert, so dass die Breite des Luftspalts 6 über die gesamte Umfangsrichtung im Wesentlichen konstant ist.

Die Permanentmagnete 21 sind vorzugsweise als Ferritmagneten ausgebildet, können jedoch auch als Seltene-Erden-Permanentmagnete oder dergleichen vorgesehen sein. Die Läuferpole 22 sind aus weichmagnetischem Material, wie beispielsweise Elektroblech, insbesondere in Lamellenaufbauweise ausgebildet.

Im läuferfesten Koordinatensystem einer permanentmagneterregten Synchronmaschine beschreibt die q-Achse die Richtung eines durch den Strom durch die Statorspulen 32 magnetischen Flusses senkrecht zu dem von den Permanentmagneten 21 erzeugten Erregermagnetfeld und die d-Achse die Richtung des magnetischen Flusses des Erregermagnetfelds. Bei einer Motoransteuerung ohne eine Vorkommutierung erzeugt der Stator 3 keinen Flussanteil in eine d-Richtung, sondern lediglich in eine q-Richtung, so dass das Statormagnetfeld dem Erregermagnetfeld im Wesentlichen um 90° elektrischer Läuferlage voreilt. Das von dem Elektromotor 1 bereitgestellte Motormoment ergibt sich wie folgt:

$$\Psi_d = L_d \times I_d + \Psi_{PM} = \Psi_{PM} \text{ für } I_d = 0$$

$$\Psi_q = L_q \times I_q$$

$$M_{Mi} = 3/2 Z_p \times \Psi_{PM} \times I_q$$

wobei jeweils L_d , L_q den momentanen virtuellen Statorinduktivitäten in d- bzw. q-Richtung, Z_p der Polpaarzahl des Außenläufers 2, Ψ_{PM} dem magnetischen Fluss des Erregermagnetfelds und I_q dem Strom durch die Statorspulen 32 entsprechen. Die virtuellen Induktivitäten L_d und L_q ergeben sich nach einer Rückwärtsberechnung aus einem Ringintegral entlang der betrachteten Magnetflüsse.

Die magnetische Permeabilität ferromagnetischer Materialien ist nahezu gleich der von Luft, so dass die virtuellen Statorinduktivitäten L_d und L_q bei Elektromotoren mit Permanentmagneten 21 in Oberflächenanordnung nahezu gleich sind. Dabei ist es unerheblich, ob die Oberflächenmagnete voneinander beabstandet oder, wie bei Radnabenantrieben derzeit üblich, bündig miteinander angebracht sind.

Die oben beschriebene Läuferanordnung 2 weist dagegen eine Salienz auf, da die virtuellen Induktivitäten L_d und L_q unterschiedliche Werte liefern, insbesondere auch abhängig vom Betriebszustand des Elektromotors 1, insbesondere von dessen Drehzahl und Läuferlage.

Wird für einen ausgeprägt salienten Elektromotor 1 ein aus Sicht des läuferfesten Koordinatensystems zeitinvarianter Phasenvoreilwinkel gewählt, der die Komponente des Motorstroms I_d ungleich 0 werden lässt, so ergeben sich die Betriebsgrößen Fluss, Phasenspannung, Motormoment, elektrische Drehzahl und Summe der Phasenströme wie folgt:

$$\Psi_d = L_d \times I_d + \Psi_{PM}$$

$$\Psi_q = L_q \times I_q$$

$$U_d = R_i \times I_d + d \Psi_d / dt - \Omega_L \times \Psi_q$$

$$U_q = R_i \times I_q + d \Psi_q / dt - \Omega_L \times \Psi_d$$

$$M_{Mi} = 3/2 Z_p \times (\Psi_{PM} \times I_q + (L_d - L_q) \times I_d \times I_q)$$

wobei jeweils I_d , I_q den effektiven Statorphasenströmen, U_d , U_q den induzierten Phasenspannungen, Ω_L der elektrischen Rotationsgeschwindigkeit und M_{Mi} dem inneren Motormoment entsprechen.

Die obigen Formeln gelten bei Sinuskommutierung des Elektromotors 2. Bei einer Blockkommutierung würden den obigen Gleichungen zwar höhere harmonische Terme hinzugefügt, die grundsätzlichen Zusammenhänge sich jedoch nicht ändern.

Man erkennt, dass sich zum Motormoment durch Vorsehen der Salienz ein Anteil, das so genannte Reluktanzmoment $3/2 Z_p \times (L_d - L_q) \times I_d \times I_q$, ergibt. Durch Optimieren der Ansteuerung ist es nun möglich, für jeden statischen oder dynamischen Betriebszustand des Elektromotors 2 einen Satz optimierter Ansteuerparameter zu wählen. Die Optimierung kann beispielsweise durch eine Strom- oder Spannungsregelung erfolgen, die jeweils auf das Erreichen eines maximalen Drehmoments ausgelegt ist.

Eine Ansteuerung mit einer Vorkommutierung addiert sich zur Permanentmagnetenerregung des Elektromotors 2, weiterhin eine Komponente $L_d \times I_d$. Bei einer Vorkommutierung wird der Statorstrom in d-Richtung I_d kleiner Null und reduziert dadurch den Erregerfluss des durch die Permanentmagnete 21 erzeugten Magnetfelds in d-Richtung und damit die induzierte elektromotorische Gegenspannung, wodurch dem Elektromotor 2 höhere Drehzahlen ermöglicht werden.

Es ist somit vorgesehen, den obigen Elektromotor 2 so anzusteuern, dass das Statormagnetfeld zusätzlich zu dem 90° elektrischer Läuferlage voreilenden Winkel noch um einen weiteren Vorkommutierungswinkel voreilt. Der Vorkommutierungswinkel kann betriebspunktabhängig gewählt oder fest vorgegeben sein.

In Figur 2 sind verschiedene Last-/Drehzahl-Kennlinienverläufe für einen Elektromotor ohne eine saliente Läuferanordnung (Kurve K1) sowie für Elektromotoren mit salienter Läuferanordnung und Vorkommutierungswinkeln von 0° , 20° und 40° (Kurven K2, K3, K4) für die Ansteuerung der Statorspulen dargestellt. Man erkennt, dass selbst bei festgelegten, nicht betriebspunktabhängigen Vorkommutierungswinkeln in Verbindung mit der salienten Läuferanordnung eine Verbesserung des Wirkungsgrads erreicht werden kann.

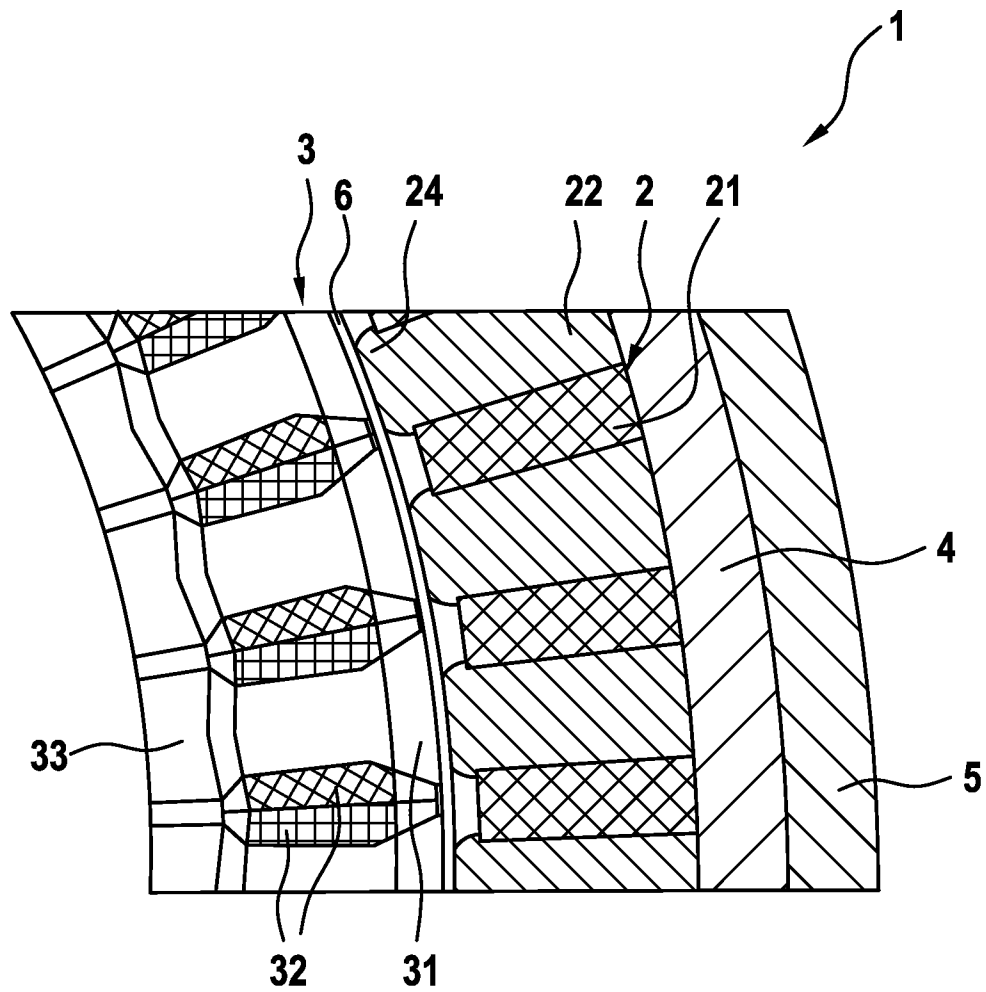
5 Ansprüche

1. Antriebsmotor (1) für ein Antriebsrad eines Zweirads, umfassend:
 - eine als Außenläufer ausgebildete, kreiszylinderförmige Läuferanordnung (2) mit Läuferpolen (22) und mit Permanentmagneten (21); und
 - 10 - eine als Innenstator ausgebildete Statoranordnung (3) mit Statorzähnen (31) und ansteuerbaren Statorspulen (32);wobei die Permanentmagnete (22) der Läuferanordnung (2) so angeordnet sind, dass die Läuferanordnung (2) eine Salienz aufweist.
- 15 2. Antriebsmotor (1) nach Anspruch 1, wobei die Permanentmagnete (21) mit tangentialer Polungsrichtung zwischen den Läuferpolen (22) der Läuferanordnung (2) angeordnet sind, wobei insbesondere die Permanentmagnete (21) alternierend in entgegengesetzter Richtung magnetisiert sind.
- 20 3. Antriebsmotor (1) nach Anspruch 2, wobei ein an einer äußeren Mantelfläche der Läuferanordnung (2) angeordnetes Halteelement (4) aus paramagnetischem Material vorgesehen ist, um eine magnetische Trennung zwischen den Läuferpolen (22) zu gewährleisten.
- 25 4. Antriebsmotor (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 3, wobei die Läuferpole (22) mit ihren radial inneren Enden bündig mit den radial inneren Enden der Permanentmagnete (21) abschließen oder nach innen über die radial inneren Enden der Permanentmagnete (21) hervorstehen, und insbesondere die Läuferpole (22) einen Formschluss bilden, der die Permanentmagnete (22)
- 30 in ihrer radialen Position fixiert.
5. Antriebsmotor (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die Polflächen der Permanentmagnete (21) an in radialer Richtung sich erstreckenden Seitenflächen der Läuferpole (22) anliegen.

6. Antriebsmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Permanentmagnete (21) in radialer Richtung eine größere Ausdehnung aufweisen als in tangentialer Richtung, und insbesondere als Ferritmagnete ausgebildet sind.
- 5 7. Antriebsmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Läuferpole (22) in tangentialer Richtung aus einzelnen ferromagnetischen Lamellen – insbesondere aus Elektroblech – geschichtet ausgebildet sind.
8. Antriebssystem für ein Zweirad, umfassend:
10 - einen Antriebsmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Antriebsmotor (1) im Inneren eines Felgenkörpers vorgesehen ist.
9. Verfahren zum Betreiben eines Antriebsmotors (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Statorspulen (32) gemäß einem vorgegebenen Kommutierungsschema angesteuert werden, um ein Statormagnetfeld zu erzeugen, das mit einem von den Permanentmagneten (21) erzeugten Erregermagnetfeld wechselwirkt, um ein Antriebsmoment (1) zu bewirken, wobei das Statormagnetfeld so erzeugt wird, dass ein Winkel zwischen dem Erregermagnetfeld und dem Statormagnetfeld mehr als 90° elektrischer Läuferlage entspricht.
15 20
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei ein konstanter, von der Salienz der Läuferanordnung (2) abhängiger Vorkommutierungswinkel vorgesehen wird, mit dessen Hilfe die Ansteuerung zum Erzeugen des Statormagnetfelds vorgenommen wird.
25

1 / 2

Fig. 1



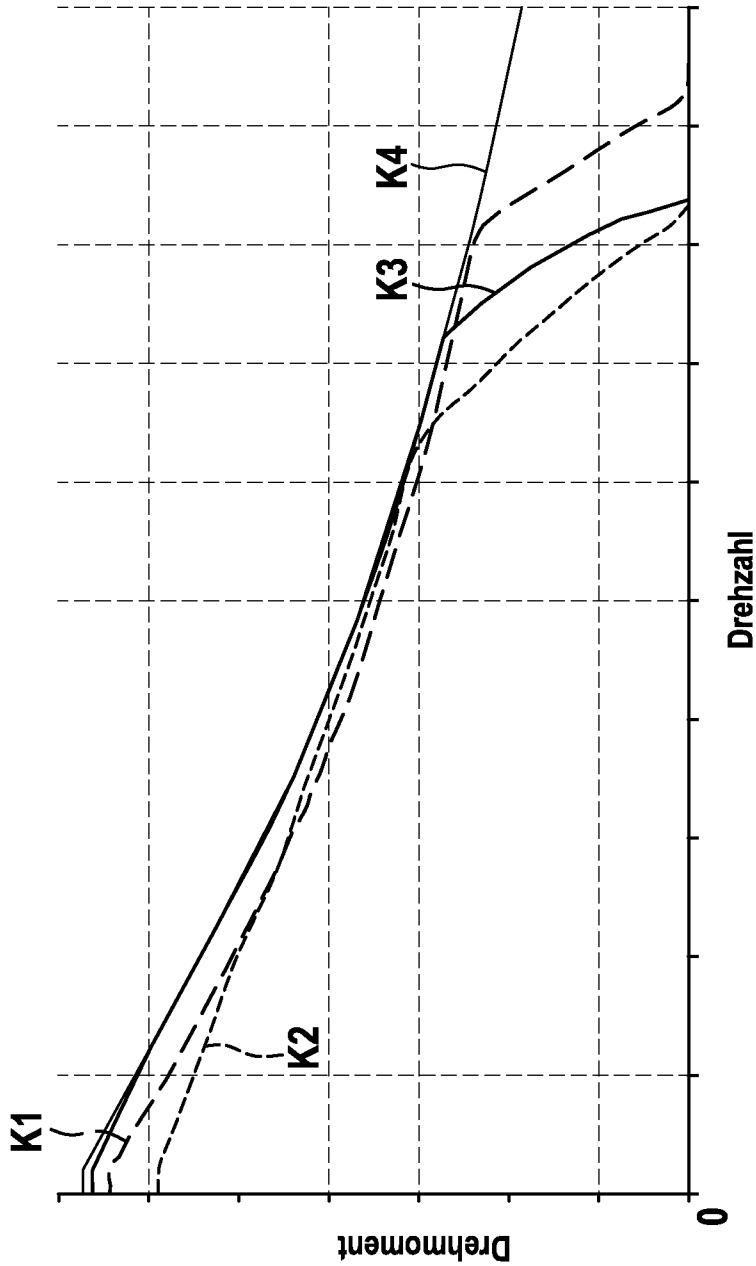


Fig. 2