

(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  
7. Juli 2011 (07.07.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2011/079978 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*H02K 3/28* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/066434
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
29. Oktober 2010 (29.10.2010)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2009 060 838.9  
29. Dezember 2009 (29.12.2009) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HUBER, Michael** [DE/DE]; Holunderweg 16, 77836 Rheinmuenster (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

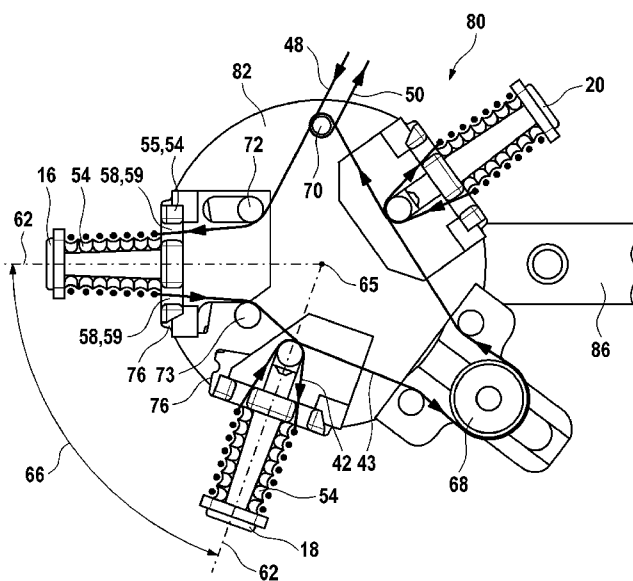
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,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

**Veröffentlicht:**

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

(54) Title: STATOR OF AN ELECTRIC MACHINE AND METHOD FOR PRODUCING SUCH A STATOR

(54) Bezeichnung : STATOR EINER ELEKTRISCHEN MASCHINE SOWIE VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES SOLCHEN



**FIG. 4**

(57) Abstract: The invention relates to a stator (12) and to a method for producing a stator (12), on which a plurality of electrical phase windings (40) having individual coil sections (15) are disposed, characterised by the following steps: manufacturing a plurality of separate stator segments (14), winding a first stator segment (16) with a first coil section (17), winding a second stator segment (18) with a second coil section (19) with a wound uninterrupted coil wire (44), disposing the first and second stator segments (16, 18) immediately adjacent to one another in the circumferential direction (31) of the stator (12), disposing further stator segments (20) in a circle (24), mechanically connecting the individual stator segments (16, 18, 20).

(57) Zusammenfassung: Stator (12) sowie Verfahren zum Herstellen eines Stators (12), auf dem mehrere elektrische Wicklungsstränge (40) mit einzelnen Teilspulen (15) angeordnet sind, gekennzeichnet durch folgende Schritte: Fertigen von mehreren separaten Statorsegmenten (14) Bewickeln eines ersten Statorsegments (16) mit einer ersten Teilspule (17) Bewickeln eines zweiten Statorsegments (18) mit einer zweiten Teilspule (19) mit einem durchgewickelten ununterbrochenen Spulendraht (44) Anordnen des ersten und des zweiten Statorsegments (16, 18) unmittelbar nebeneinander in Umfangrichtung (31) des Stators (12) Anordnen von weiteren Statorsegmenten

(20) zu einem Kreisring (24) Mechanisches Verbinden der einzelnen Statorsegmente (16, 18, 20)

WO 2011/079978 A2

5 Beschreibung

Stator einer elektrischen Maschine sowie Verfahren zum Herstellen eines solchen

10 Stand der Technik

Offenbarung der Erfindung

15 Mit der DE 10 2007 006 095 A1 ist ein Herstellungsmethode für einen Stator bekannt geworden, bei der eine Mehrzahl von einzelnen separaten Statorkernen bewickelt werden, bevor diese zu einem gemeinsamen Stator zusammengesetzt werden. Zum Bewickeln werden dabei zwei Teilkern gegenüberliegend auf einer gemeinsamen Achse angeordnet. Ein Verbindungsdraht zwischen den beiden Teilkernen wird beim Anordnen der Teilkern zum Stator axial oberhalb der

20 Teilkern, quer zum radialen Innenraum angeordnet. In einem weiteren Verfahrensschritt werden diese Verbindungsdrähte axial nach außen und axial gegen die Teilkern gedrückt. Eine solche Montage des Stators benötigt ein zusätzliches Montagewerkzeug zur Anordnung der Verbindungsdrähte zwischen Teilsulen, sowie damit verbunden einen zusätzlichen Montageschritt.

25

Offenbarung der Erfindung

Vorteile der Erfindung

30 Der erfindungsgemäße Stator und das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen eines Stators mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche hat demgegenüber den Vorteil, dass bei der Anordnung separat gefertigter Statorsegmente mit durchgewickelten ununterbrochenen Teilsulen unmittelbar nebeneinander, der Verbindungsdraht zwischen den Teilsulen mit dem

35 Anordnen der Statorsegmente in seine endgültige Montageposition gebracht

wird. Dadurch wird einerseits der nachträgliche Verschaltungsaufwand der Teilsulen reduziert und andererseits entfällt ein zusätzlicher Montageschritt für die endgültige Positionierung der Verbindungsdrähte. Die Herstellung solcher, in Umfangsrichtung benachbarter Teilsulen als Zwillingsulen erlaubt somit eine montagetechnisch günstige Variationsmöglichkeit für elektrische Maschinen mit unterschiedlichen elektrischen Wicklungssträngen.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der in den abhängigen Ansprüchen vorgegebenen Ausführungen möglich. Besonders vorteilhaft können solche Zwillingsulen bewickelt werden, indem die Zahnachsen der beiden Statorsegmente während dem Bewickeln von der Axialrichtung des fertig montierten Stators abweichen. Während dem Wickeln schneiden sich die Zahnachsen radial innerhalb des Statorrings nicht. Dabei sind die radial äußeren Kreissegmente der Statorsegmente benachbart angeordnet, wobei die Zahnachsen vorzugsweise nicht parallel ausgerichtet sind.

Besonders günstig ist es, wenn die Zahnachsen bezüglich des Kreismittelpunktes des fertig montierten Statorrings einen sogenannten Wickelwinkel zwischen  $40^\circ$  und  $120^\circ$  bilden. Besonders bevorzugt wird ein Wickelwinkel zwischen  $60^\circ$  und  $90^\circ$ .

Nach dem Bewickeln des zweiten Statorsegments kann dieses in besonders einfacher Weise gegenüber dem ersten Statorsegment verschwenkt werden, so dass der Wickelwinkel geschlossen wird. Die beiden Statorsegmente werden so lange gegeneinander verdreht, bis sich die Zahnachsen innerhalb des Statorrings näherungsweise in dessen Mittelpunkt schneiden. Dadurch werden die Zahnachsen dieser Zwillingsule schon in Radialrichtung ausgerichtet, bevor der Statorring komplett montiert ist. Beim Verschwenken der beiden Statorelemente wird der Verbindungsdraht zwischen den beiden Teilsulen als eine Art Gelenk oder Scharnier, um die die beiden Statorzähne gedreht werden. Bei einer solchen Wicklungsanordnung der beiden Statorelemente ist um die beiden Statorzähne herum so viel Freiraum, dass verschiedene Wickeltechniken, wie beispielsweise eine Sulenwickeltechnik oder Nadelwickeln oder

Flyerwickeln angewendet werden kann. Ebenso können die beiden Spulen beliebig in gleichsinniger oder gegensinniger Wickelrichtung gewickelt werden.

5 Besonders günstig ist es, die Statorsegmente als Statorzähne mit sich daran anschließendem Kreissegmenten auszubilden, so dass magnetisch leitfähige T-Stücke entstehen. Diese können bevorzugt in Axialrichtung aus einzelnen Lamellenblechen aufgebaut sein. Zur zuverlässigen Isolierung des Spulendrahts gegen die Statorsegmente weisen letztere eine Isoliermaske auf, die beispielsweise zweiteilig ausgebildet ist, und in axialer Richtung auf die  
10 Statorelemente aufgeschoben wird.

Bevorzugt ragt die Isoliermaske axial über die Kreissegmente hinaus, wobei in diesem Bereich radiale Schlitze angeordnet sind, durch die der Spulendraht geführt wird. Bei einer erfindungsgemäßen Zwillingspule wird der  
15 Verbindungsdraht zwischen den beiden Teilspulen durch eine erste axiale Aussparung des ersten Statorsegments radial nach außen geführt und durch eine weitere radiale Aussparung in der Isoliermaske des zweiten Statorsegments wieder radial nach innen geführt. Dadurch wird der Spulendraht zwischen den beiden Teilspulen zuverlässig fixiert, so dass auch bei einem Verschwenken der  
20 beiden Statorsegmente die Teilspulen straff gewickelt bleiben.

Bei einer solchen Ausführung verläuft der Verbindungsdraht radial außerhalb der Isoliermasken wodurch axialer Bauraum eingespart wird, und kein weiterer separater Montageschritt für die Positionierung der Verbindungsdrähte zwischen  
25 den Teilspulen notwendig ist. Dieser radial außerhalb der Isoliermaske verlaufende Verbindungsdraht stellt gleichzeitig eine gelenkartige Verbindung zwischen den beiden Statorsegmenten dar, mittels derer die Statorsegmente nach deren Bewickeln verschwenkt werden können.

30 Bezüglich der Reduzierung des axialen Bauchraums ist es besonders günstig, wenn die Verbindungsdrähte axial innerhalb der maximalen axialen Ausdehnung der Isoliermasken angeordnet werden.

Um den Verschaltungsaufwand der Statorspulen weiter zu reduzieren, kann eine  
35 oder mehrere Teilspulen anschließend an die Zwillingspulen mittels eines

ununterbrochenen Spulendrahts durchgewickelt werden. Die dritte oder weitere Teilschule ist dabei vorzugsweise in Umfangsrichtung beabstandet zur Zwillingschule angeordnet, derart, dass Teilschulen eines anderen anderen Wicklungsstranges dazwischen angeordnet werden. Bei einem Stator mit 18 Statorsegmenten wird das dritte Statorsegment mit dem ununterbrochen durchgewickelten Spulendraht bevorzugt etwa  $120^\circ$  versetzt zum zweiten Statorelement angeordnet.

Besonders günstig ist es, die Verbindungsdrähte zwischen den ununterbrochen durchgewickelten Teilschulen in Umfangsrichtung außerhalb der Isoliermasken zu führen. Dies gilt für die Verbindungsdrähte der Zwillingschulen, aber optional auch für die weiteren Verbindungsdrähte zu der dritten oder weiteren durchgewickelten Teilschule. Dadurch ist im axialen Bereich über den Teilschulen genügend Bauraum für weitere axial angeordnete Bauelemente vorhanden.

Nach dem Bewickeln können die einzelnen Statorsegmente vorteilhaft im Bereich der Kreissegmente miteinander verschweißt werden. Als weitere Verbindungsmöglichkeit der Statorsegmente können diese in einem Ring eingespannt werden oder miteinander verklebt werden.

Ein nach diesem Herstellungsverfahren gefertigter Stator kann einerseits einen höheren Füllfaktor der Wicklung erzielen und gleichzeitig kann der Verschaltungsaufwand der einzelnen Teilschulen reduziert werden. Besonders günstig ist dabei, wenn sogenannte Zwillingschulen, bestehend aus zwei unmittelbar benachbarten, direkt durchgewickelten Teilschulen, im Kreisring des Stators angeordnet sind.

In einer bevorzugten Ausführung weist der Stator sechs Wicklungsstränge, mit beispielsweise je drei Teilschulen auf. Dabei ist in jedem Wicklungsstrang beispielsweise je eine Zwillingschule angeordnet, wobei optional eine dritte oder weitere Teilschule ununterbrochen durchgewickelt ist. Günstig ist es, hier jeweils zwei Wicklungsstränge parallel zu schalten, so dass der Stator drei elektrische Phasen aufweist.

Vorteilhaft wird der Stator für eine elektrische Maschine verwendet, bei der der Rotor integrierte Permanentmagnete aufweist. Diese Permanentmagnete können beispielsweise speichenartig (Längsrichtung der Magnete in Radialrichtung) oder Tangential (Längsrichtung in Umfangsrichtung) angeordnet werden. Der Stator des Elektromotors kann beispielsweise kostengünstig in ein Gehäuseteil eingeklebt werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindungen sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 eine erfindungsgemäße elektrische Maschine,

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Wicklungsstranges,

Figur 3 eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Zwillingspule und

Figur 4 eine Wickelvorrichtung für ein erfindungsgemäßes Herstellungsverfahren.

#### Ausführungsformen der Erfindung

In Figur 1 ist als Beispiel einer elektrischen Maschine 10 ein Elektromotor schematisch dargestellt, bei dem drehbar ein Rotor 13 innerhalb eines Stators 12 angeordnet ist. Der Rotor 13 weist hier Permanentmagnete 22 auf, die beispielsweise mit ihrer Längsrichtung in Radialrichtung 30 oder mit ihrer Längsrichtung in Umfangsrichtung 31 angeordnet sind. Der Elektromotor ist beispielsweise als Innenläufer ausgeführt, bei dem der Stator 12 fest in einem Gehäuseteil 11 fixiert, beispielsweise eingeklebt ist. Der Stator 12 ist aus einzelnen Statorsegmenten 14 zusammengesetzt und bildet einen Kreisring 15, in dessen Innenraum der Rotor 13 drehbar auf einer Drehachse 32 gelagert ist.

Bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren des Stators 12 werden separat hergestellte Statorsegmente 14 zuerst mit Teilspulen 24 bewickelt, bevor die Statorsegmente 14 fest zu dem Kreisring 24 verbunden werden. Die Statorsegmente 14 weisen jeweils einen Statorzahn 26 und ein Kreissegment 28 auf, die aus magnetisch leitendem Material gefertigt sind und einen magnetischen Kern 29 bilden. Dabei ist der Statorzahn 26 mit dem Kreissegment 28 verbunden, so dass das Statorsegment T-förmig ausgebildet ist. Dieser magnetische Kern 29 des Statorsegments 14 ist in Axialrichtung 33 beispielsweise aus einzelnen Lamellenblechen 34 zusammengesetzt. Die einzelnen Statorsegmente 14 sind im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 beispielsweise mittels Schweißnähten 36 miteinander verbunden, die zwischen den Kreissegmenten 28 in Längsrichtung 33 ausgebildet sind. Alternativ können die einzelnen Statorsegmente 14 auch miteinander verklebt werden oder direkt in einen Spannring, beispielsweise im Gehäuseteil 11 verspannt werden.

Figur 2 zeigt einen erfindungsgemäßen Wicklungsstrang 40 gemäß der Ausführung von Figur 1. Dabei ist ein erstes Statorsegment 16 mit einer ersten Teilspule 17 unmittelbar benachbart zu einem zweiten Statorsegment 18 mit einer zweiten Teilspule 19 angeordnet. Die erste Teilspule 17 ist mittels eines Verbindungsdrahts 42 mit der zweiten Teilspule 19 verbunden, wobei die beiden Teilspulen 17, 19 ununterbrochen mit einem durchgehenden Spulendraht 44 durchgewickelt sind. Die in Umfangsrichtung 31 unmittelbar benachbarten Teilspulen 17, 19 werden auch als Zwillingsspule 46 bezeichnet. Die erste Teilspule 17 weist eine Drahtzuführung 48 auf und ist gegen den Uhrzeigersinn gewickelt. Die zweite Teilspule 19 beginnt mit dem Verbindungsdraht 42 und ist im Uhrzeigersinn gewickelt. Das heißt, die beiden Teilspulen 17, 19 der Zwillingsspule 46 sind gegensinnig gewickelt. Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 sind die beiden Teilspulen 17, 19 mit einer gleichsinnigen Wicklung dargestellt. Das Ende der zweiten Teilspule 19 geht in einen zweiten Verbindungsdraht 43 über, der ununterbrochen zu einer dritten Teilspule 21 führt, die in Umfangsrichtung 31 beabstandet angeordnet ist. Die dritte Teilspule 31 weist hier einen Drahtabgang 52 auf, so dass der dargestellte Wicklungsstrang 40 mit der Drahtzuführung 48 und dem Drahtabgang 52 drei Teilspulen 15 mit einem ununterbrochenen durchgewickelten Spulendraht 44 umfasst. Der Stator 12 gemäß Figur 1 weist achtzehn Statorsegmente 14 mit achtzehn Teilspulen 15

auf. Hierbei ist das dritte Statorsegment 20 beispielsweise näherungsweise  $120^\circ$  gegenüber dem zweiten Statorsegment 18 versetzt im Kreisring 24 angeordnet.

5 Auf den Statorzähnen 26 der Statorsegmente 14 sind Isoliermasken 54 angeordnet, die den magnetischen Kern 29 gegenüber dem Spulendraht 44 isolieren. Die Isoliermasken 54 sind beispielsweise aus Kunststoff hergestellt. Durch die zweiteilige Ausbildung der Isoliermaske 54 können die beiden Teile in axialer Richtung 33 auf die Statorzähne 26 aufgeschoben werden. Die Isoliermaske 54 überragt den magnetischen Kern 29 in Axialrichtung 33, so dass  
10 eine radial äußere Begrenzung 55 für die Teilspulen 15 angeordnet ist.

In Figur 3 ist eine alternative Ausführung einer Zwillingspule 46 dargestellt, bei der die erste Teilspule 17 ebenfalls zusammen mit der zweiten Teilspule 19 ununterbrochen mit einem durchgehenden Spulendraht 44 durchgewickelt ist.  
15 Der Verbindungsdraht 42 zwischen der ersten und der zweiten Teilspule 17, 19 wird hierbei durch radiale Aussparungen 58 der Isoliermaske 54 radial nach außen geführt. Dadurch ist der Verbindungsdraht 42 zwischen der ersten und der zweiten Teilspule 17, 19 schon während des Wickelverfahrens und auch nach der fertigen Montage der Statorsegmente 14 radial außerhalb der Isoliermaske  
20 54 angeordnet. Zusätzlich ist der Verbindungsdraht 42 axial unterhalb der oberen Kante 60 der Isoliermaske 54 angeordnet, so dass sich der Verbindungsdraht 42 bezüglich der Axialrichtung 33 nicht über die axialen Ausdehnungen der Isoliermaske 54 erstreckt. Das erste und das zweite Statorsegment 16, 18 sind hier in vormontiertem Zustand dargestellt, bei dem sich die Zahnachsen 62 der  
25 beiden Statorsegmente 16, 18 im radialen Mittelpunkt 64 des Stators 12 schneiden. Bei dieser Anordnung der beiden Statorsegmente 16, 18 liegen die Zahnachsen 62 in Radialrichtung 30, wobei sich die Zahnachsen 62 radial innerhalb des Kreisrings 24 schneiden. Die radialen Aussparungen 58 sind ebenfalls in Figur 2 dargestellt, wobei dort kein Spulendraht 44 durch diese  
30 Aussparungen 58 geführt wird. Jede Isoliermaske 54 weist an ihrer Oberkante 60 zwei in Umfangsrichtung 31 versetzte radiale Aussparungen 58 auf, die beispielsweise als Schlitze 59 ausgebildet sind. In der Ausführung gemäß Figur 3 ist der Verbindungsdraht 42 bei einer gleichsinnigen Wicklung der beiden  
35 Teilspulen 17, 19 durch die beiden unmittelbar nebeneinander liegenden radialen Aussparungen 58 der beiden unterschiedlichen Isoliermasken 54 geführt. Bei

einer gegenseitig gewickelten Ausführung gemäß Figur 3 (nicht dargestellt) würde der Verbindungsdraht 42 jeweils durch eine radiale Aussparung 58 geführt werden, die jeweils am gleichen Rand (bezüglich der Umfangsrichtung 31) der beiden Isoliermasken 54 angeordnet sind.

5

In Figur 4 ist eine Vorrichtung zum Bewickeln der Statorsegmente 14 dargestellt, anhand der das Wickelverfahren erläutert wird. Zum Bewickeln der beiden Statorsegmente 16 und 18 werden diese so angeordnet, dass deren beide Zahnachsen 62 sich radial außerhalb der Isoliermaske 54 im Punkt 65 schneiden. Dabei weisen die beiden Zahnachsen 62 radial innerhalb der Statorsegmente 14 voneinander weg, so dass diese gemäß Figur 4 etwa einen Wickelwinkel 66 zwischen  $60^\circ$  und  $90^\circ$  bilden. Durch diese Anordnung ist ringsum die Isoliermaske 58 genügend Platz, um die beiden Teilspulen 17, 19 jeweils beispielsweise mittels Spulendradtechnik oder mittels Nadelwickeln oder mittels Flyerwickeln herzustellen. Dabei wird nach der Fertigstellung der ersten Teilspule 17 der Spulendraht 44 als Verbindungsdraht 42 radial nach außen (bezüglich der radialen Begrenzung 55) durch die radiale Aussparung 58 geführt und wiederum durch eine weitere radiale Aussparung 58 des zweiten Statorsegments 18 radial nach innen auf die Isoliermaske 58 geführt. Dadurch können mittels eines ununterbrochenen Spulendrahts 44 beide Teilspulen 17, 19 in einem Stück durchgewickelt werden. In Figur 4 ist ein drittes Statorsegment 20 angeordnet, auf das eine dritte Teilspule 21 einstückig durchgewickelt wird. Dabei ist ein zweiter Verbindungsdraht 43 zwischen der zweiten Teilspule 19 und der dritten Teilspule 21 angeordnet, der bezüglich der fertigen Montageposition der Statorelemente 14 radial außerhalb der Isoliermasken 54 verläuft. Die Länge des zweiten Verbindungsdrahts 43 kann hierbei durch einen Abstandshalter 68 variabel eingestellt werden. Für die Ausbildung einer gegenseitigen Wicklung der beiden Teilspulen 17, 19 ist die Drahtführung schematisch dargestellt. Der Anfangspunkt des Spulendrahts 44 ist in einem ersten Halteelement 70 fixiert und führt über ein Umlenkelement 72 radial von außen nach innen durch einen Schlitz 59, der in Draufsicht auf der linken Seite der Isoliermaske 54 angeordnet ist (in Umfangsrichtung 31). Anschließend wird der Spulendraht 44 aus Sicht des Statormittelpunkts 64 im Uhrzeigersinn auf die Isoliermaske 54 gewickelt und durch ein auf der rechten Seite angeordnetes Schlitz 59 radial auf die Außenseite der Isoliermaske 54 geführt. Danach wird der Spulendraht 44 um ein

10

15

20

25

30

35

weiteres Umlenkelement 73 geführt und durch einen Schlitz 59 auf der vom  
Mittelpunkt 64 aus betrachtet rechten Seite der Isoliermaske 54 radial nach innen  
die Isoliermaske des zweiten Statorsegments 18 geführt, um hier im  
Uhrzeigersinn gewickelt zu werden. Anschließend wird der Spulendraht 44 durch  
5 den linken Schlitz 59 radial außerhalb der radialen Begrenzung 55 geführt und  
über den Abstandshalter 68 radial von außen auf die Innenseite der Isoliermaske  
54 des dritten Statorsegments 20 geleitet, um dort die dritte Teilspule 21  
auszubilden. Der Drahtabgang 52 wird wiederum durch einen Schlitz 59 radial  
auf die Außenseite (radial außerhalb des Kreisrings 24) der Isoliermaske geführt,  
10 um am Ausgangspunkt (Halteelement 70) zu enden. Die Drahtführung ist in Fig.  
4 durch Pfeile des Spulendrahts 44 dargestellt. Zur Herstellung der Stators 12  
werden die Statorsegmente 16 und 18 anschließend derartig gegeneinander  
verschwenkt, dass deren beiden Zahnachsen 62 bezüglich des Mittelpunkts 64  
sich aufeinander zudrehen, bis sie sich schließlich im Mittelpunkt 64 kreuzen. Bei  
15 diesem Verschwenken werden die beiden Kreissegmente 28 der beiden  
Statorsegmente 16, 18 derartig aufeinander zu bewegt, dass deren Seitenflächen  
76 in Umfangsrichtung 31 an einander anliegen. Dabei bleibt der  
Verbindungsdraht 42 der beiden Teilspulen 17, 19 sowohl während des Wickelns  
als auch in der endgültigen Montageposition radial außerhalb der Isoliermaske  
20 54 angeordnet. Der Verbindungsdraht 42 dient während des Verschwenkens als  
Gelenk oder Scharnier, mittels dem die beiden Statorsegmente 16, 18 beweglich  
miteinander verbunden sind.

Zum Bewickeln der Statorsegmente 16, 18, 20 sind diese in einer  
25 Wickelvorrichtung 80 aufgenommen, in der der Wickelwinkel 66 zwischen den  
Teilspulen 17, 19, 21 einstellbar ist. Die Statorsegmente 16, 18, 20 werden  
hierzu auf eine Aufnahmeplatte 82 gespannt, derart, dass die Außenseite 84  
(bezüglich des Kreisrings 24) der Statorsegmente 16, 18, 20, sowie der  
Isoliermasken 54 zur Mitte (Punkt 65) der Aufnahmeplatte 82 hin zeigt. Die  
30 Statorsegmente 16, 18, 20 sind in einer bevorzugten Ausführung drehbar um die  
Zahnachsen 62 gelagert, wobei die Statorzähne 26 zum Bewickeln um die  
Zahnachsen 62 rotiert werden. Die Verbindungsdrähte 42, 43 verlaufen hierbei  
radial außerhalb der Isoliermasken 54, das heißt zwischen den Außenseiten 84  
der Statorsegmente 16, 18, 20. Zur Rotation der Statorsegmente 16, 18, 20 ist  
35 die Aufnahmeplatte 82 drehbar auf einer Antriebswelle 86 gelagert. Durch eine

5 Drehung der Aufnahmeplatte 84 um den Punkt 65 kann das jeweils zu bewickelnde Statorsegment 16, 18, 20 mit seiner Zahnachse 62 parallel zur Antriebswelle 86 ausgerichtet werden. Zum Bewickeln wird dann die gesamte Aufnahmeplatte 84 mit allen Statorsegmenten 16, 18, 20 um die Antriebswelle 86 rotiert.

10 Es sei angemerkt, dass hinsichtlich der in den Figuren und der in der Beschreibung gezeigten Ausführungsbeispiele vielfältige Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Merkmale untereinander möglich sind. So kann beispielsweise die konkrete Anzahl und Ausbildung der Statorelemente 14 und der Teilspulen 15 entsprechend der Anwendung variiert werden. So kann in einem Wickelstrang 40 auch nur eine Zwillingspule 46 ununterbrochen durchgewickelt werden und weitere Teilspulen nach der Verbindung der Statorsegmente 14 mittels separaten elektrischen Verbindungen bzw. Verschaltelementen elektrisch verbunden werden. Bei 18 Statorsegmenten 14 werden  
15 dann beispielsweise sechs Zwillingspulen 46 angeordnet, wodurch die Anzahl der Kontaktierstellen (48, 52) von 36 auf 24 reduziert werden. Diese werden vorzugsweise mittels eines nachträglich montierbaren Verschaltungsrings elektrisch kontaktiert. Auch die Verschaltung der einzelnen Wicklungsstränge kann parallel oder seriell ausgeführt werden, um die entsprechenden elektrischen Phasen zu bilden – insbesondere einen  
20 bürstenlosen Gleichstrommotor (EC-Motor). Das Herstellungsprinzip des Stators 12 ist grundsätzlich auch auf einen Rotor anwendbar, der als Außenläufer ausgebildet ist. Bevorzugt wird die erfindungsgemäße Antriebseinheit 10 zu Verstellung beweglicher Teile im Kraftfahrzeug – beispielsweise als Lenkhilfemotor - verwendet, ist jedoch nicht auf eine solche Anwendung beschränkt.

## 5 Ansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Stators (12), auf dem mehrere elektrische Wicklungsstränge (40) mit einzelnen Teilspulen (15) angeordnet sind,  
10 gekennzeichnet durch folgende Schritte:
  - Fertigen von mehreren separaten Statorsegmenten (14)
  - Bewickeln eines ersten Statorsegments (16) mit einer ersten Teilspule (17)
  - Bewickeln eines zweiten Statorsegments (18) mit einer zweiten  
15 Teilspule (19) mit einem durchgewickelten ununterbrochen Spulendraht (44)
  - Anordnen des ersten und des zweiten Statorsegments (16, 18) unmittelbar nebeneinander in Umfangrichtung (31) des Stators (12)
  - Anordnen von weiteren Statorsegmenten (20) zu einem Kreisring (24)
  - Mechanisches Verbinden der einzelnen Statorsegmente (16, 18, 20)  
20
  
2. Verfahren zum Herstellen eines Stators (12) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass jedes Statorsegment (14) ein Kreissegment (28) mit einem Statorzahn (26) entlang einer Zahnachse (62) aufweist, wobei die  
25 Zahnachsen (62) der Statorzähne (26) in fertig montiertem, verbundenen Zustand der Statorsegmente (14) entlang einer Radialrichtung (30) zum Mittelpunkt (64) des Kreisrings (24) hin ausgerichtet sind, und während dem Bewickeln des zweiten Statorsegments (18) die Lage der Zahnachse (62) des zweiten Statorsegments (18) von der Radialrichtung (30) abweicht, und  
30 insbesondere nicht parallel zur Zahnachse (62) des ersten Statorelements (16) ausgerichtet ist.
  
3. Verfahren zum Herstellen eines Stators (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass während dem

Bewickeln des zweiten Statorsegments (18) die erste und die zweite Zahnachse (62) einen Wickelwinkel (66) [Schnittpunkt (65) der Zahnachsen (62) radial außerhalb der Statorsegmente (14)] zwischen 40° und 120°, insbesondere zwischen 60° und 90° bilden.

5

4. Verfahren zum Herstellen eines Stators (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass das zweite Statorsegment (18) nach dem Bewickeln desselben derart gegenüber des ersten Statorsegments (16) verschwenkt wird, dass die Zahnachse (62) des zweiten Statorsegments (18) in Radialrichtung (30) angeordnet wird, wobei der Spulendraht (44) zwischen dem ersten und dem zweiten Statorsegment (16, 18) als Verbindungsdraht (42) ausgebildet ist, der insbesondere beim Verschwenken als Gelenk oder Scharnier wirkt.

10

15

5. Verfahren zum Herstellen eines Stators (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass die erste und zweite Teilspule (17, 19) gegensinnig oder gleichsinnig gewickelt sind - insbesondere mittels Spulenumwickeltechnik oder Nadelwickeln oder Flyerwickeln bewickelt werden.

20

6. Verfahren zum Herstellen eines Stators (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass die Teilspulen (15) auf Isoliermasken (54) aufgewickelt werden, die die Statorzähne (26) umschließen und insbesondere die Statorzähne (26) mit den Kreissegmenten (28) als T-förmige Lamellenbleche (34) ausgebildet werden.

25

7. Verfahren zum Herstellen eines Stators (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass die Isoliermasken (54) radiale Aussparungen (58) aufweisen, durch die in Radialrichtung (30) der Verbindungsdraht (42) zwischen der ersten und der zweiten Teilspule (17, 19) geführt wird, wobei insbesondere auch die Drahtzuführung (48) der ersten Teilspule (17) und der Drahtabgang (52) der zweiten Teilspule (19) durch radiale Aussparungen (58) geführt werden.

30

8. Verfahren zum Herstellen eines Stators (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass der Verbindungsdraht (42) vor dem Bewickeln des zweiten Statorsegments (18) radial außerhalb der Isoliermasken (58) angeordnet ist.
- 5
9. Verfahren zum Herstellen eines Stators (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass der Verbindungsdraht (42) beim Wickeln bezüglich einer Axialrichtung (33) des Stators (12) nicht über die Isoliermaske (54) hinaus ragt.
- 10
10. Verfahren zum Herstellen eines Stators (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass nach dem Bewickeln des zweiten Statorsegments (18) ein drittes und/oder ein weiteres Statorsegment (20) mit einem durchgewickelten ununterbrochen Spulendraht (44) bewickelt wird, und insbesondere das dritte Statorsegment (20) um einen Winkel von  $100^\circ$  bis  $140^\circ$  - vorzugsweise um näherungsweise  $120^\circ$  - zum zweiten Statorelement (18) in Umfangsrichtung (31) versetzt angeordnet ist.
- 15
11. Verfahren zum Herstellen eines Stators (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass nach dem Anordnen der Statorsegmente (14) in einem Kreisring (24) die Verbindungsdrähte (42) zwischen den ersten und zweiten Statorsegmenten (16, 18) - und insbesondere auch alle weiteren ununterbrochen durchgewickelten Verbindungsdrähte (43) zu dritten und/oder weiteren Statorsegmenten (20) - radial außerhalb der Isoliermasken (58) angeordnet sind.
- 20
12. Verfahren zum Herstellen eines Stators (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass die Statorsegmente (14) mittels Kleben oder Schweißen oder Verkleben miteinander mechanisch verbunden werden.
- 25
- 30

13. Stator (12) hergestellt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Zwillingspulen (46) angeordnet sind, die auf unmittelbar benachbarte erste und zweite Statorsegmente (16, 18) mit einem durchgewickelten ununterbrochen Spulendraht (44) gewickelt sind.

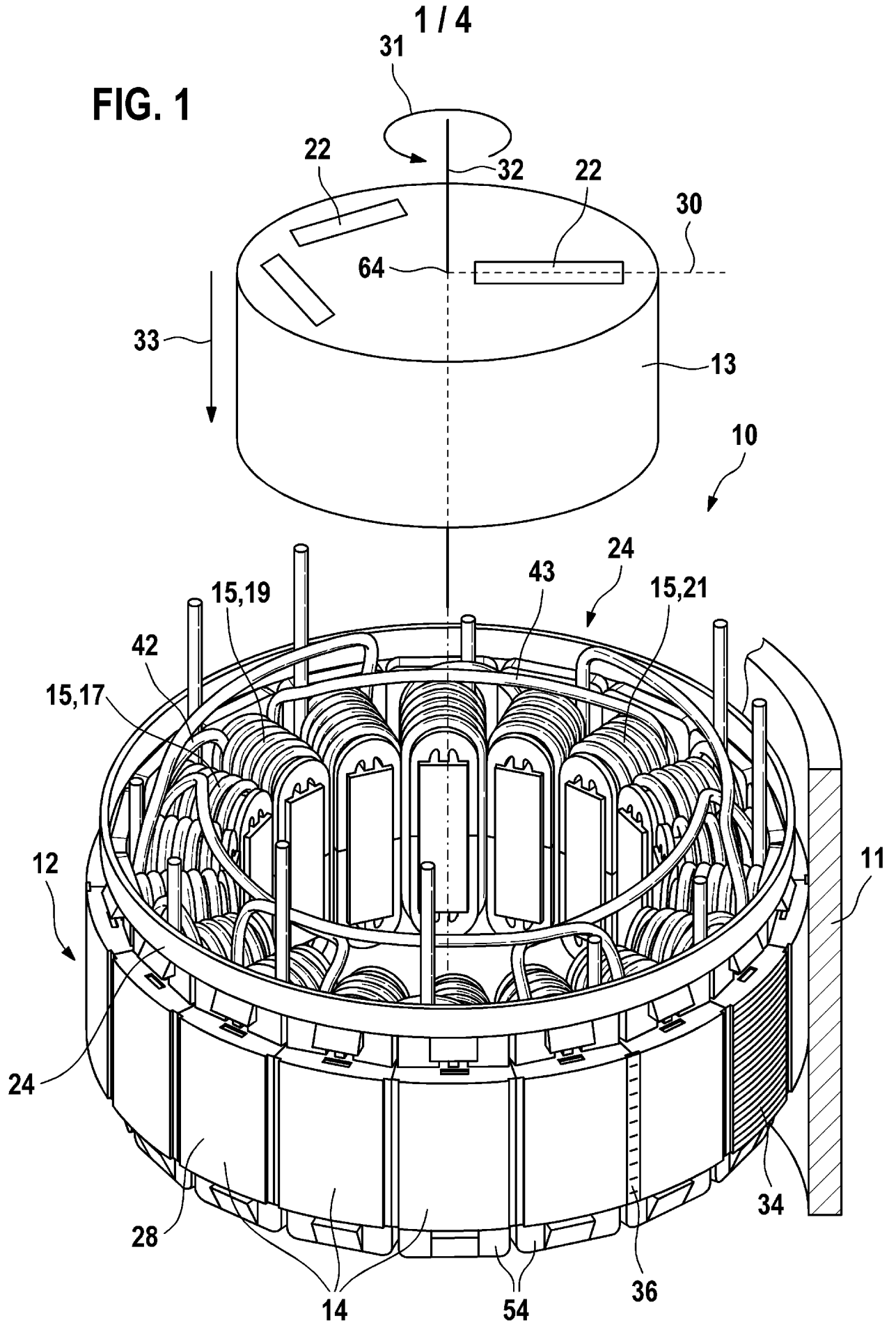
5

14. Stator (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (12) drei elektrische Phasen mit jeweils zwei parallel geschalteten Wicklungssträngen (40) aufweist, wobei insbesondere jeder Wicklungsstrang (40) eine Zwillingspule (46) aufweist.

10

15. Elektrische Maschine (10) mit einem Stator (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass radial innerhalb des Stators (12) ein Permanentmagnete (22) aufweisender Rotor (13) drehbar gelagert ist, und der Stator (12) insbesondere in ein Gehäuseteil (11) eingeklebt ist.

15



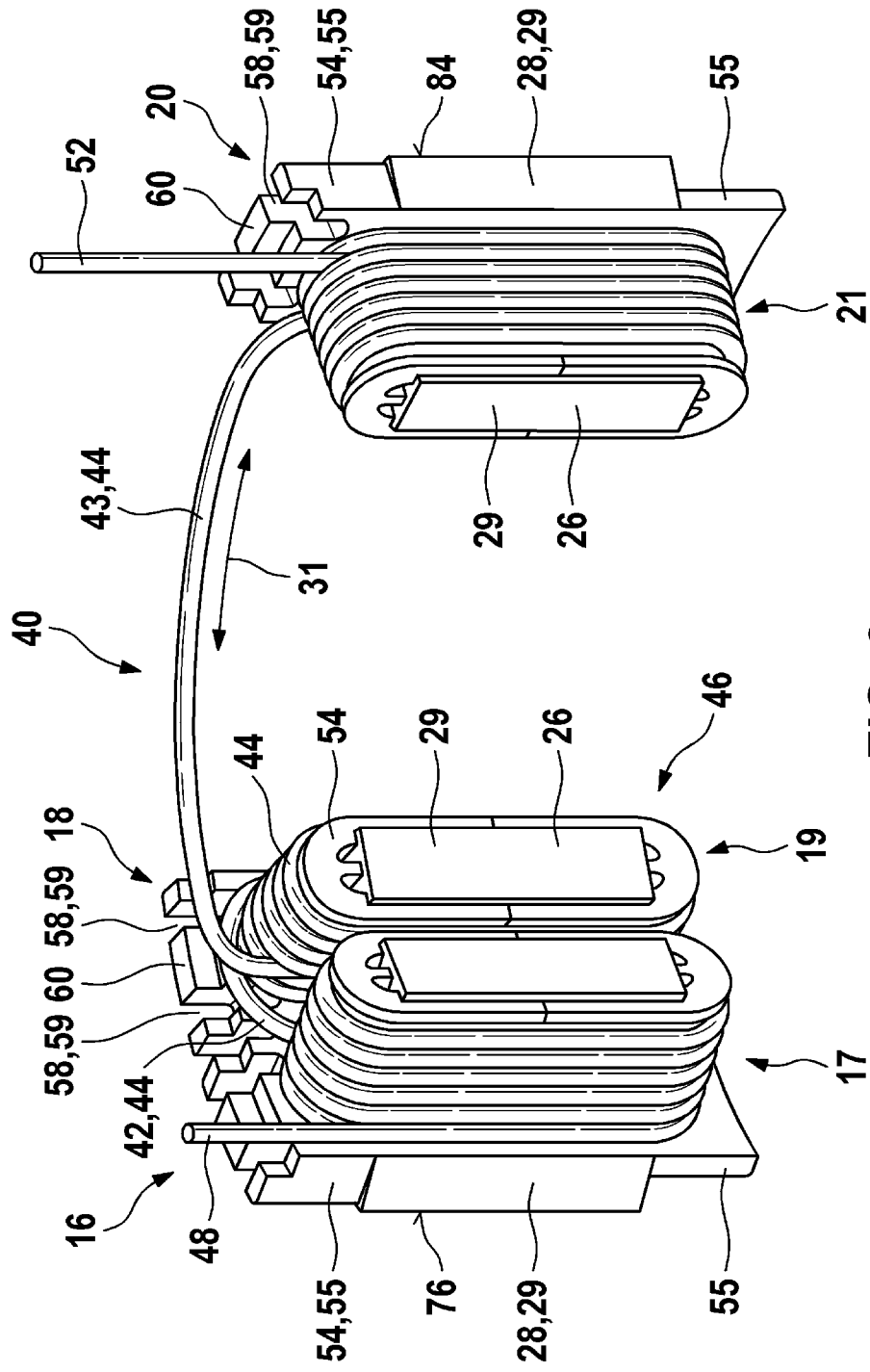


FIG. 2

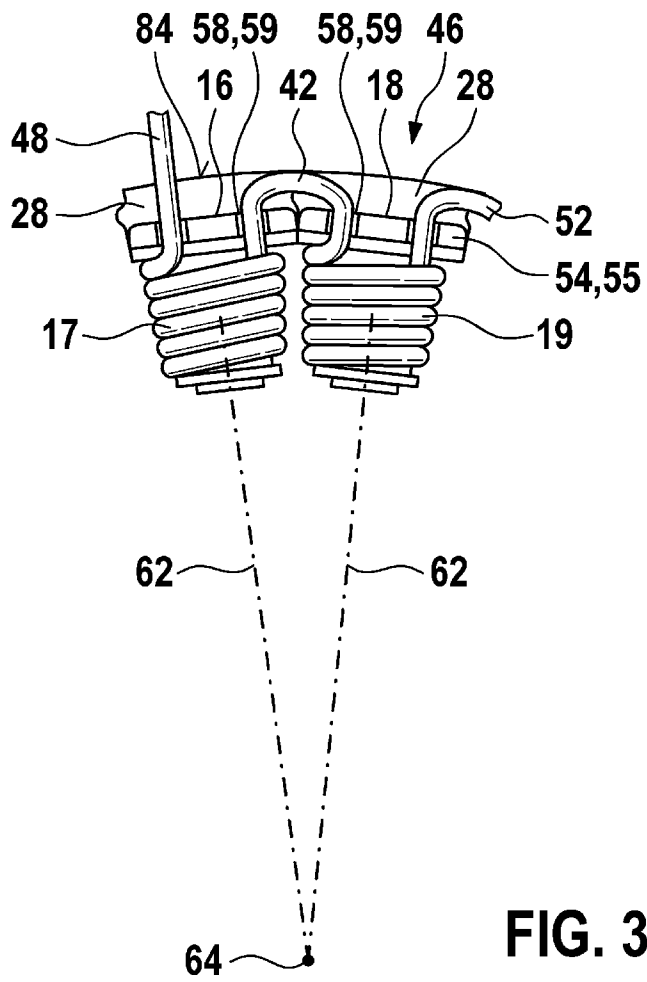


FIG. 3

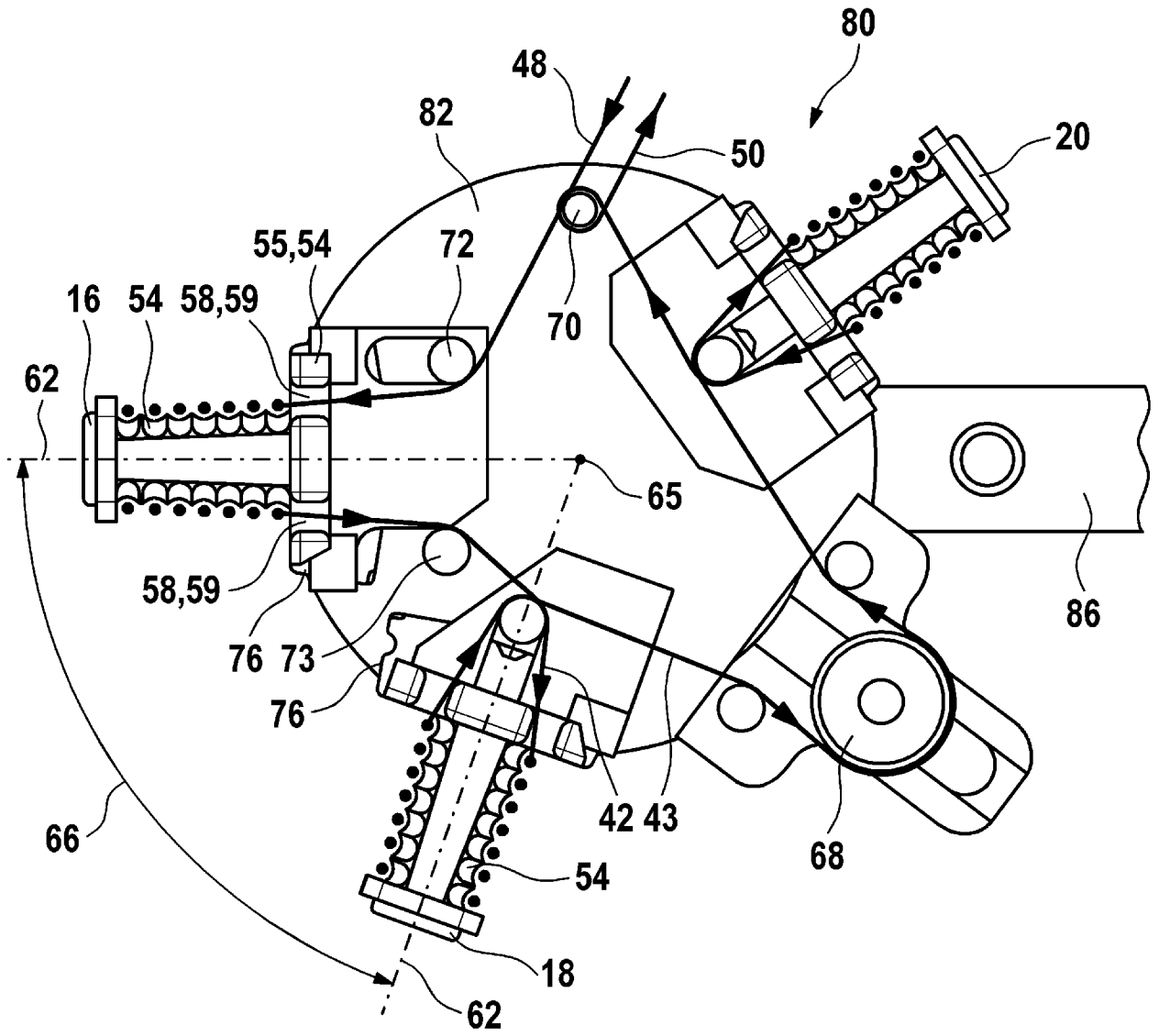


FIG. 4