

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50715/2017
(22) Anmeldetag: 28.08.2017
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2018

(51) Int. Cl.: **H02K 3/12** (2006.01)
H02K 3/50 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
FR 3020219 A1
US 2012025660 A1

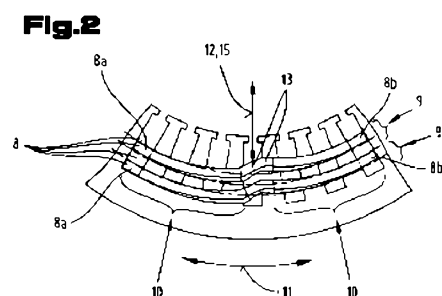
(71) Patentanmelder:
Miba Aktiengesellschaft
4663 Laakirchen (AT)

(72) Erfinder:
Falkner Andreas
4600 Wels (AT)
Primorac Mladen-Mateo
3100 St. Pölten (AT)
Scherrer David Dipl.Ing.
4810 Gmunden (AT)

(74) Vertreter:
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt
GmbH
4580 Windischgarsten (AT)

(54) **Statorkomponente für eine elektrische Maschine**

(57) Die Erfindung betrifft eine Statorkomponente für eine elektrische Maschine. Die erfindungsgemäße Statorkomponente umfasst eine Vielzahl von elektrischen Leiterelementen, welche in den Innennuten eines Statorpakets derart angeordnet sind, dass eine zumindest einschichtige Wicklung ausgebildet wird. Die elektrischen Leiterelemente sind zur Erzeugung der Wicklungsschichten derart in bzw. gegen die Umfangsrichtung gebogen sowie in Radialrichtung in bzw. wegweisend von der Hauptrotationsachse gebogen, dass dafür vorgesehene Leiterelemente von aneinander angrenzenden Lagen an ihren Leiterköpfen elektrisch miteinander verbunden sind.



Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Erfindung betrifft eine Statorkomponente für eine elektrische Maschine. Die erfindungsgemäße Statorkomponente umfasst eine Vielzahl von elektrischen Leiterelementen, welche in den Innennuten eines Statorpakets derart angeordnet sind, dass eine zumindest einschichtige Wicklung ausgebildet wird. Die elektrischen Leiterelemente sind zur Erzeugung der Wicklungsschichten derart in bzw. gegen die Umfangsrichtung gebogen sowie in Radialrichtung in bzw. wegweisend von der Hauptrotationsachse gebogen, dass dafür vorgesehene Leiterelemente von aneinander angrenzenden Lagen an ihren Leiterköpfen elektrisch miteinander verbunden sind.

Fig. 2

Die Erfindung betrifft eine Statorkomponente für eine elektrische Maschine. Die erfindungsgemäße Statorkomponente umfasst eine Vielzahl von elektrischen Leiterelementen, welche in den Innennuten eines Statorpakets derart angeordnet sind, dass eine zumindest einschichtige Wicklung ausgebildet wird. Die elektrischen Leiterelemente sind zur Erzeugung der Wicklungsschichten derart in bzw. gegen die Umfangsrichtung gebogen sowie in bzw. weg von der Hauptrotationsachse gebogen, dass dafür vorgesehene Leiterelemente von aneinander angrenzenden Lagen an ihren Leiterköpfen elektrisch miteinander verbunden sind.

Statoren für elektrische Elektromotoren umfassen elektrische Spulen die in Form von Wicklungen um einen elektrisch und magnetisch leitfähigen Kern ausgeführt sind und bei Stromdurchfluss der Spulen in dem Statorpaket ein Magnetfeld erzeugen, welches zum Antrieb des Elektromotors erforderlich ist. Diese Wicklungen können z.B. dadurch erzeugt werden, dass U-förmig gebogene Leiterelemente oder auch stabförmige Leiterelemente in das Statorpaket gesteckt werden und die vorgesehenen Leiterelemente zu Wicklungen verschalten werden.

In der Regel wird versucht die Bauhöhe eines Stators in Axialrichtung, also in Richtung der Hauptrotationsachse, so gering wie möglich zu gestalten. Deshalb werden oftmals die aus dem Statorpaket herausragenden Leiterenden in bzw. gegen die Umfangsrichtung umgebogen und/oder gekröpft. Die Leiterelemente welche radial gleich weit von der Hauptrotationsachse entfernt werden als eine Lage bezeichnet. Die Leiterelemente jeweils einer Lage werden oftmals derart verbogen bzw. verschränkt dass sich durch elektrisches Verbinden mit dafür vorgesehenen

Leiterelementen einer benachbarten Lage eine Wicklungsschicht ergibt. Die gesamte Wicklung kann demnach mehrere Spulen bzw. Wicklungsschichten aufweisen die für die Ausbildung eines Stators erforderlich sind.

Die bekannteste Gestaltung der Leiterenden entspricht im Wesentlichen einer „Z-Form“ der aus dem Statorpaket an der Stirnseite herausragenden Leiterenden. Hierbei verlaufen zwei Teilstücke eines an der Stirnseite herausragenden Leiterendes in Richtung der Hauptrotationsachse, während ein Teilstück in Umfangsrichtung verbogen ist, was eine Verschränkung mit Leiterelementen angrenzender Lagen ermöglicht. Gleichzeitig wird die Ausdehnung der Statorkomponente in Richtung der Hauptrotationsachse verringert. Eine solche Gestaltung einer Statorkomponente, oder auch Wicklungsträger, wird in der DE 10 2014 218 224 A1 beschrieben.

In der DE 10 2014 222 608 A1 wird alternativ dazu ein Bauelement für eine elektrische Maschine beschrieben, umfassend ein magnetisch leitfähiges Statorpaket mit einer Mehrzahl von Öffnungen, die entlang einer axialen Richtung des Statorpakets verlaufen, mehreren Leiterelemente, die in den Öffnungen in axialer Richtung verlaufen, um bei Bestromung in dem magnetisch leitfähigen Statorpaket ein Magnetfeld zu erzeugen, wobei die Leiterelemente in die Öffnungen gesteckt sind und Enden der Leiterelemente miteinander verbunden wurden. Abschnitte der Leiterelemente, die die verbundenen Enden aufweisen und die an der Stirnseite des magnetisch leitfähigen Statorpakets herausragen, sind dabei zur Bildung eines Wickelkopfes zuerst in Richtung der Hauptrotationsachse und danach in Richtung eines radial außen liegenden Magnetjochs abgewinkelt.

Es wird somit eine Lösung zur Minimierung der Bauhöhe eines Stators gesucht, wobei die Bauhöhe des Stators wesentlich von der notwendigen Länge der aus dem Statorpaket herausragenden verbundenen Leiterelemente bestimmt wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und eine Statorkomponente zur Verfügung zu stellen, mittels derer eine kompakte Bauhöhe eines Stators für eine elektrische Maschine auf einfache Weise ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird durch eine Statorkomponente gemäß den Ansprüchen gelöst.

Die Erfindung betrifft eine Statorkomponente für eine elektrische Maschine, die Statorkomponente umfassend:

ein hohlzylindrisches Statorpaket mit einer Statorpaketstirnseite und einer Statorpaketbassiseite, welches eine Vielzahl von in Umfangsrichtung verteilten, sich in Richtung der Hauptrotationsachse durchgehend an der Innenseite des Statorpakets erstreckende Innennuten aufweist,

wobei die Mehrzahl oder alle der Innennuten eine Mehrzahl von elektrischen Leiterelementen aufweist, welche voneinander elektrisch isoliert in radialer Richtung fluchtend eingesteckt sind,

und wobei alle elektrischen Leiterelemente mit im Wesentlichen gleichem Radialabstand zur Hauptrotationsachse als jeweils eine Lage vorliegen und wobei die elektrischen Leiterelemente einer jeweils radial weiter außen liegenden Lage mit größerem Radialabstand zur Hauptrotationsachse mit korrespondierenden Leiterelementen einer jeweils radial weiter innen liegenden Lage mit geringerem Radialabstand zur Hauptrotationsachse als die jeweils radial weiter außen liegende Lage als eine Wicklungsschicht ausgebildet sind, und die Statorkomponente zumindest eine Wicklungsschicht aufweisend, wobei die elektrischen Leiterelemente als aus dem Statorpaket herausragende Leiterenden ausgebildet sind, und zumindest die aus der Statorpaketstirnseite herausragenden Leiterenden der jeweils radial weiter außen liegenden Lage in eine erste Umfangsrichtung gebogen sind und die aus der Statorpaketstirnseite herausragenden Leiterenden der in radialer Richtung angrenzenden weiter innen liegenden Lage entgegengesetzt zur ersten Umfangsrichtung gebogen sind,

wobei jedes Leiterende der jeweils radial weiter außen liegenden Lage einen zumindest teilweise abisolierten Leiterkopf aufweist der mit einem zumindest teilweise abisolierten Leiterkopf eines vorgesehenen Leiterendes der in Radialrichtung angrenzenden weiter innen liegenden Lage elektrisch verbunden vorliegt, und zumindest die Leiterköpfe der radial weiter außen liegenden Lage in Radialrichtung zur Hauptrotationsachse gebogen sind, während die korrespondierenden Leiterköpfe der radial angrenzenden weiter innen liegenden Lage in Radialrichtung

von der Hauptrotationsachse wegweisend gebogen sind. Hierdurch wird die bekannte **Gestaltung der Leiterelemente in „Z-Form“, also eine zweifache Abwinkelung** oder Biegung der aus der Stirnseite des Leiterpakets herausragenden Leiterenden in Richtung der Hauptrotationsachse vermieden. Durch die erfindungsgemäße einfache Biegung des Leiterkopfes in Radialrichtung zur bzw. wegweisend von der Hauptrotationsachse entfällt ein Abschnitt jedes Leiterelements welcher zur elektrischen Verbindung führend parallel zur Hauptrotationsachse verlaufen würde. Dies stellt einerseits eine wesentliche Kostenersparnis dar, da eine verkürzte Länge der Leiterelemente eine deutliche Materialeinsparung bedeutet. Andererseits wird dadurch die Bauhöhe der Statorkomponente auf zumindest der Stirnseite erheblich **reduziert da der „Überstand“ der Leiterköpfe gegenüber den** bekannten Lösungen entfällt. Eine geeignete Verschränkung und Verbindung der vorgesehenen Leiterelemente wird jedoch weiterhin auf einfache Weise erzielt.

Weiters kann es zweckmäßig sein, wenn die elektrischen Leiterelemente jeweils ein aus der Statorpaketbasisseite herausragendes Leiterende mit jeweils einem zumindest teilweise abisolierten Leiterkopf aufweisen und die aus der Statorpaketbasisseite herausragenden Leiterenden entgegengesetzt der Umfangsbiegerichtung der aus der Statorpaketstirnseite herausragenden Leiterenden derselben Lage gebogen sind jedoch die Radialbiegerichtung der Leiterköpfe der aus der Statorpaketbasisseite herausragenden Leiterenden mit der Radialbiegerichtung der Leiterköpfe der aus der Statorpaketstirnseite herausragenden Leiterenden derselben Lage übereinstimmt. Dies ermöglicht zusätzlich zur Reduktion der Bauhöhe an der Stirnseite der Statorkomponente eine Reduktion der Bauhöhe an der Basisseite mit den oben genannten Vorteilen. Überdies kann durch diese Bauweise eine ebenso einfache Kontaktierung bzw. Verbindung der füreinander vorgesehenen (korrespondierenden) Leiterelemente an der Basisseite des Statorpakets erfolgen.

Ferner kann vorgesehen sein, dass die Länge der Leiterköpfe der aus der Statorpaketstirnseite herausragenden Leiterenden mehr als 5% der Länge der aus der Statorpaketstirnseite herausragenden Leiterenden ausmacht und/oder

die Länge der Leiterköpfe der aus der Statorpaketbasisseite herausragenden Leiterenden mehr als 5% der Länge der aus der Statorpaketbasisseite herausragenden Leiterenden ausmacht. Die Gesamtlänge der elektrischen Leiterelemente kann mit der Höhe des Statorpakets variiert werden. Durch Höhenvariationen des Stators muss lediglich der Anteil der Länge der Leiterelemente angepasst werden, der sich in Hauptrotationsrichtung innerhalb der Innennuten erstreckt. Die Länge der Leiterköpfe gegenüber den jeweiligen Leiterenden bleibt jedoch von der Gesamtlänge der Leiterelemente weitestgehend unbeeinflusst und kann gemäß der vorliegenden Erfindung relativ kurz gewählt werden. Es hat sich allerdings als vorteilhaft erwiesen, wenn zumindest 5% der Länge der aus der Statorpaketbasisseite herausragenden Leiterenden als Länge der Leiterköpfe verwendet wird, damit ein Biegewerkzeug entsprechend günstig positioniert werden kann. Eine automatisierte Fertigung der elektrischen Leiterelemente wird dahingehend begünstigt und eine Kostenreduktion erzielt.

Vorteilhaft ist auch eine Ausprägung, gemäß welcher vorgesehen sein kann, die Länge der aus der Statorpaketstirnseite und/oder der Statorpaketbasisseite herausragenden Leiterenden der radial weiter außen liegenden Lage unterschiedlich, insbesondere größer, zur Länge der korrespondierenden Leiterenden der Statorpaketstirnseite, respektive der Statorpaketbasisseite, der in radialer Richtung angrenzenden weiter innen liegenden Lage ist. Bei der Verwendung von Innennuten mit z.B. rechteckigem Querschnitt bei Leiterelementen gleicher Länge, müssen die radial weiter außen liegenden Leiterenden um eine größere Strecke in Umfangsrichtung gebogen werden als die Leiterenden welche radial weiter innen liegend an der Hauptrotationsachse angeordnet sind. Es kommt dabei zu einer Verkürzung des Abstandes der elektrischen Verbindungen der weiter außen liegenden Wicklungsschichten zu der Statorpaketstirn- bzw. Statorpaketbasisseite. Somit **ergibt sich eine „dachförmige“ Hüllfläche der elektrischen Verbindungen, welche** vorteilhaft sein kann um z.B. mittels Laser nicht direkt in Richtung der Hauptrotationsachse sondern davon in radialer Richtung abweichend, oder sogar im rechten Winkel zur Hauptrotationsrichtung aus radialer Richtung die elektrische Verbindung herzustellen. Dies kann prozesstechnische Vorteile bieten. Die Wahl von unterschiedlichen Längen von korrespondierenden Leiterköpfen bringt allerdings den

Vorteil mit sich, dass die elektrischen Verbindungen auf einer Ebene, z.B. parallel zur Statorpaketstirnseite und/oder Statorpaketbasisseite, liegen können. Hierdurch kann eine sehr kompakte Bauhöhe der Statorkomponente erzielt werden. Weiters wird eine automatisierte Kontaktierung der Leiterköpfe durch z.B. Laser- oder Lasertieflochschiweißen vereinfacht, da alle elektrischen Verbindungen auf einer Ebene liegen.

Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass die Länge der Leiterköpfe der aus der Statorpaketstirn- und/oder der aus der Statorpaketbasisseite herausragenden Leiterenden der radial weiter außen liegenden Lage unterschiedlich, insbesondere größer, zur Länge der korrespondierenden Leiterköpfe der Statorpaketstirnseite, respektive der Statorpaketbasisseite, herausragenden Leiterenden der in radialer Richtung angrenzenden weiter innen liegenden Lage ist. Durch die Wahl unterschiedlicher Längen der Leiterköpfe wird eine unterschiedliche Anordnung der elektrischen Verbindungen in Radialrichtung und/oder Umfangsrichtung ermöglicht. Dies kann einige prozesstechnische Vereinfachungen mit sich bringen. Beispielsweise kann dadurch gezielt die Position der elektrischen Verbindung einer Wicklungsschicht in radialer Richtung gegenüber einer benachbarten Wicklungsschicht variiert werden, was eine größere Vielfalt an verwendbaren Kontaktierungsverfahren zur Erzeugung der elektrischen Verbindung der korrespondierenden Leiterköpfe erlaubt. Weiters kann das Angreifen eines Biegewerkzeuges für die radiale Umformung der Leiterköpfe von außen bzw. innen, also in Richtung zur oder wegweisend von der Hauptrotationsachse, erleichtert werden.

Ferner kann vorgesehen sein, dass in bzw. gegen die Umfangsrichtung gebogenen Leiterenden gegenüber der Hauptrotationsachse des Statorpakets einen Umfangsbiege Winkel zwischen 15° und 75° , bevorzugt zwischen 35° und 70° , besonders bevorzugt zwischen 50° und 65° aufweisen. Die Ausrichtung der Leiterenden um den einen Umfangsbiege Winkel ermöglicht den Einsatz relativ einfacher Umformwerkzeuge bzw. Umformvorgänge. Die Wahl des Umfangsbiege Winkels kann vom Fachmann in Abhängigkeit des Leiterelementquerschnitts gewählt werden, wobei eine möglichst flache Ausrichtung der Leiterenden gegenüber der Statorpaketstirn- bzw. Statorpaketbasisseite im Vordergrund steht. Der Entfall komplizierter

und dadurch kostenintensiver Umformwerkzeuge bedeutet eine signifikante Reduktion der Prozesskosten. Weiters erlaubt diese Gestaltung einfach zu realisierende und dadurch auch einfach zu automatisierende Umformvorgänge, welche zu erhöhter Prozesssicherheit, Komponentenqualität und niedrigeren Prozesskosten führen.

Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass die in Radialrichtung zur bzw. wegweisend von der Hauptrotationsachse gebogenen Leiterköpfe um einen Radialbiegewinkel gegenüber der jeweiligen in Umfangsrichtung gebogenen Leiterenden zwischen 15° und 85° , bevorzugt zwischen 35° und 70° , besonders bevorzugt zwischen 40° und 50° aufweisen. Die Verbiegung der Leiterköpfe in radialer Richtung ermöglicht eine genaue Positionierung der gebogenen Leiterköpfe in vertikaler Richtung, also der Richtung der Hauptrotationsachse, sowie horizontaler Richtung, also der Radialrichtung bzw. Umfangsrichtung. Im Kontext dieser Erfindung ist als Leiterkopfachse eine gedachte Verlängerung des jeweiligen Leiterkopfes zu verstehen. Eine geringfügige Abweichung der Leiterkopfachsen der korrespondierenden Leiterköpfe stellt jedoch in der Praxis keinen erheblichen Nachteil dar. Im Idealfall stehen sich die korrespondierenden Leiterköpfe fluchtend gegenüber und die korrespondierenden Leiterkopfachsen verlaufen zueinander in horizontaler Richtung, also normal zur Richtung der Hauptrotationsachse, parallel bzw. fluchtend. Dadurch wird bei der anschließenden elektrischen Verbindung das Risiko einer schadhafte Anschlussstelle reduziert. Das Risiko der Herstellung nicht funktionsfähiger Statoren wird somit deutlich reduziert. Des Weiteren sind für die elektrische Verbindung oftmals Klemmwerkzeuge erforderlich, welche bspw. bei einer **„Z-Form“ der Leiterenden die Aufgabe erfüllen, vor dem Verbinden die Leiterenden gegeneinander zu pressen um eine elektrische Kontaktierung zu ermöglichen.** Durch die o.g. Ausführungsform kann dieser Klemm- bzw. Positionierungsschritt entfallen was zu einer Reduktion der Prozessdauer und -kosten beiträgt. Als am weitesten verbreiteter Werkstoff für Leiterelemente kommen Kupfer und seine Legierungen zum Einsatz. Der Einsatz von Kupferwerkstoffe in elektrischen Anwendungen wird durch die gute Kaltumformbarkeit begünstigt, jedoch sollen Beschädigungen der Oberfläche der Leiterelemente, sowie der elektrischen Isolierungen wie z.B. einer Lackschicht, beim Biegen in Umfangsrichtung bzw. in Radialrichtung

vermieden werden. Die in der gegenwärtigen Erfindung verwendeten Leiterelemente können U-förmig oder stabförmig mit rundem, oder auch quadratischem, jedoch bevorzugt rechteckigem Querschnitt sein. Die Rückfederung der verbogenen Leiterelemente hängt vom Querschnitt in den Biegezonen des Leiterelements ab. Es hat sich gezeigt, dass für ein Verbiegen der Leiterköpfe um einen Radialbiegewinkel zur Hauptrotationsachse bzw. davon wegweisend zwischen 15° und 85° , bevorzugt zwischen 35° und 70° , besonders bevorzugt zwischen 40° und 50° , am geeignetsten ist. Ein Verbiegen der Leiterköpfe im genannten Winkelbereich ist technologisch einfach zu bewerkstelligen. Weiters können Rückfederungen in Radialrichtung gut eingestellt werden und somit die Positionsgenauigkeit der korrespondierenden Leiterköpfe zueinander erhöht werden.

Vorteilhaft ist auch eine Ausprägung, gemäß welcher vorgesehen sein kann, dass die Leiterköpfe der an der Statorpaketstirnseite herausragenden Leiterenden eine Leiterkopfstirnseite aufweisen welche mit der Leiterkopfstirnseite des korrespondierenden Leiterkopfes elektrisch verbunden ist, und/oder die Leiterköpfe der an der Statorpaketbasisseite herausragenden Leiterenden eine Leiterkopfbasisseite aufweisen welche der Leiterkopfbasisseite des korrespondierenden Leiterkopfes elektrisch verbunden ist. Der Vorteil gegenüber den bekannten Lösungen ist, dass nicht die Flanken oder Seitenflächen der elektrischen Leiterelemente miteinander verbunden werden sondern die elektrische Verbindung direkt an den Leiterkopfstirnseiten bzw. Leiterkopfbasisseiten. Durch diese Lösung wird der nicht nutzbare Überstand der elektrischen Leiterelemente in Richtung der Hauptrotationsachse deutlich verkürzt und eine Reduktion der Bauhöhe der Statorkomponente bzw. des Stators erreicht. Der Leitungswiderstand der Statorkomponente durch die verringerte Stromdurchflusslänge wird ebenfalls reduziert. Des Weiteren wird eine effektive Materialeinsparung gegenüber bekannten Lösungen erzielt. Ein höherer Wirkungsgrad der Statorkomponente kann erreicht werden.

Gemäß einer Weiterbildung ist es möglich, dass ein elektrischer Verbindungsquerschnitt eines Leiterkopfes der radial weiter außen liegenden Lage mit dem korrespondierenden Leiterkopf von mehr als 50%, bevorzugt mehr als 75%, einer Leiterkopfquerschnittsfläche zumindest eines der verbundenen Leiterköpfe ausgebildet

ist. Um einen optimalen, widerstandsarmen Stromdurchgang in den elektrischen Leiterelementen zu gewährleisten ist es erforderlich, dass eine gewisse Querschnittsfläche der elektrischen Leiterelemente nach dem elektrischen Verbinden zur Verfügung steht. Hierbei hat sich bei der erfindungsgemäßen Statorkomponente gezeigt, dass die elektrische Verbindung als ausreichend gilt, wenn der **Verbindungsquerschnitt, also quasi der „Wirkdurchmesser“ für den Stromdurchfluss**, mehr als 50% der Querschnittsfläche von zumindest einem der korrespondierenden Leiterköpfe ausmacht. Der Vorteil liegt darin, dass eine gewisse Toleranz bei der Biegung der Leiterköpfe in Radialrichtung bzw. der Leiterenden in Umfangsrichtung zulässig ist. Eine effektive Reduktion des Zeit- und dadurch Kostenaufwandes bei der Positionierung der korrespondierenden Leiterköpfe wird hiermit ermöglicht.

Ferner kann es zweckmäßig sein, wenn die Leiterköpfe der an der Statorpaketstirnseite herausragenden Leiterenden und/oder die Leiterköpfe der an der Statorpaketbasisseite herausragenden Leiterenden eine stufenweise und/oder kontinuierliche Querschnittsabnahme in Richtung der Leiterkopfstirnseite, respektive der Leiterkopfbasisseite, gegenüber dem Querschnitt des Leiterelements an der Austrittsöffnung zur Innennut aufweisen. Normalerweise bleibt der Querschnitt der Leiterelemente im Wesentlichen konstant über die Länge eines Leiterelements. Die Verwendung einer Verjüngung im Bereich des Leiterkopfes, also einer Querschnittsabnahme in zumindest einer Richtung, kann jedoch für die Umformung bzw. Verbiegung des Leiterkopfes von Vorteil sein. Das Eingreifen bzw. Ansetzen eines Biegewerkzeugs kann durch z.B. eine stufenweise und/oder kontinuierliche Querschnittsabnahme erleichtert werden, da dem Biegewerkzeug eine definierte Kontaktfläche zur Verfügung gestellt wird. Weiters kann eine Querschnittsabnahme im Leiterkopfbereich dazu dienen, dass geringere Kräfte für die Biegung in Radialrichtung aufgewendet werden müssen. Außerdem ermöglicht eine gezielte Gestaltung der Leiterköpfe eine weitestgehend spielfreie Positionierung gegenüber des korrespondierenden Leiterkopfes. Hierbei sind z.B. gestufte oder keilförmige Leiterköpfe denkbar, welche dazu dienen, dass sich die Leiterköpfe nach der Radialbiegung passgenau aneinander fügen. Dies ist besonders vorteilhaft, da

hierdurch die Kontaktlänge der elektrischen Verbindung der korrespondierenden Leiterköpfe einfach eingestellt bzw. erhöht werden kann.

Gemäß einer Weiterbildung ist es möglich, dass die elektrische Verbindung der Leiterköpfe der radial weiter außen liegenden Lage mit den korrespondierenden Leiterköpfen als Lötverbindung ausgeführt ist. Die Einbringung eines Zusatzwerkstoffes mit geringerem Schmelzpunkt als der Schmelzpunkt des Leiterelementwerkstoffes erlaubt die gezielte elektrische Verbindung der korrespondierenden Leiterköpfe mit hohem elektrischen Verbindungsquerschnitt. Hierbei sind Weich- aber insbesondere Hartlote vorstellbar.

Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass die elektrische Verbindung der Leiterköpfe der radial weiter außen liegenden Lage mit den korrespondierenden Leiterköpfen als Schweißverbindung ausgeführt ist. Es hat sich gezeigt, dass Schweißverbindungen erhebliche Vorteile hinsichtlich der Minimierung des elektrischen Widerstand sind. Obwohl elektrische Verbindungen der korrespondierenden Leiterköpfe mittels einem Lot oder elektrisch leitfähigem Kleber ausgeführt sein können, erlauben Schweißverbindungen den Einsatz der Statorkomponenten in dynamisch beanspruchter Umgebung da diese in der Regel eine höhere Dauerfestigkeit aufweisen. Als Schweißverfahren kommen hierbei besonders Verfahren zum Einsatz welche wenig Wärme in die elektrischen Leiterelemente einbringen. Es sind neben Lasertiefschweißen, Elektronenstrahltiefschweißen, Plasmatiefschweißen auch Kondensatorentladungsschweißen, oder auch Ultraschallreibschweißen denkbar.

Weiters kann vorgesehen sein, dass die Schweißverbindung als Schweißtropfen ausgebildet ist. Durch die Radialbiegung der korrespondierenden Leiterköpfe können die Leiterkopfstirnseiten bzw. die Leiterkopfbasisseiten über einen Schweißtropfen verbunden werden. Gegenüber dem am häufigsten anzutreffenden Überlappstoß bei z.B. nebeneinander angeordneten „Z-förmigen“ **Leiterenden** wird durch diese Ausführung ein Stumpfstoß ausgebildet, welcher die Einsparung von Material des Leiterelements ermöglicht. Weiters werden hierdurch elektrische Leistungsverluste reduziert und der Wirkungsgrad erhöht.

Gemäß einer besonderen Ausprägung ist es möglich, dass die Leiterkopfstirnseiten und/oder die Leiterkopfbasisseiten der Leiterköpfe der radial weiter außen liegenden Lage mit den Leiterkopfstirnseiten, respektive den Leiterkopfbasisseiten, der korrespondierenden Leiterköpfe mittels einer Schweißnaht, insbesondere Lasertieflochsweißnaht, verbunden sind. Durch diese Ausführungsform wird gegenüber einer punktförmigen Schweißverbindung eine bevorzugt in Richtung der Hauptrotationsachse ausgeführte flächige elektrische Verbindung der korrespondierenden Leiterköpfe erreicht. Die Schweißnaht ermöglicht hierdurch auf einfache Weise die Gestaltung eines elektrischen Verbindungsquerschnitts der mehr als 50%, bevorzugt mehr als 75%, der Leiterkopfquerschnittfläche zumindest eines der Leiterköpfe aufweist. Als geeignete Schweißverfahren zur Gestaltung der Schweißnaht sind neben Wärmeleitungsschweißen mittels Laserstrahl insbesondere das Lasertieflochschweißen, oder auch das Elektronenstrahlschweißen, denkbar. Das Laser- bzw. Lasertieflochschweißen erlaubt einen sehr lokalen und gezielten Wärmeeintrag. Dies ist von besonderer Bedeutung als die Isolations-schicht der Leiterelemente an den Leiterenden nicht von der elektrischen Verbindung negativ beeinflusst werden soll. Zum Beispiel das Lasertieflochschweißen, oder auch Elektronenstrahl-tiefschweißen, erlauben darüber hinaus jedoch größere Eindringtiefen und damit einen vergrößerten Verbindungsquerschnitt im Vergleich zum Wärmeleitungsschweißen mittels Laserstrahl. Dies ist besonders bei größerer Leiterkopfquerschnittsfläche ein erheblicher Vorteil. Weiters können die genannten Schweißverfahren gut automatisiert werden, wodurch sich neben der qualitativen Vorteile, noch die höheren Prozessgeschwindigkeiten positiv auf die Prozesskosten auswirken.

Entsprechend einer vorteilhaften Weiterbildung kann vorgesehen sein, dass die elektrische Verbindung der Leiterköpfe der aus der Statorpaketstirnseite herausragenden Leiterenden der radial weiter außen liegenden Lage mit den korrespondierenden Leiterköpfen, und/oder dass die elektrische Verbindung der Leiterköpfe der aus der Statorpaketbasisseite herausragenden Leiterenden der radial weiter außen liegenden Lage mit den korrespondierenden Leiterköpfen, in Richtung der Hauptrotationsachse zwischen, insbesondere mittig zwischen, der in radialer Richtung liegenden Innenseite der Leiterenden der radial weiter außen liegenden Lage

und der in radialer Richtung liegenden Außenseite der Leiterenden der radial weiter innen liegenden Lage ausgeführt ist. Die unterschiedliche Anordnung der elektrischen Verbindungen in Radialrichtung kann einige prozesstechnische Vereinfachungen mit sich bringen. Beispielsweise kann dadurch gezielt die Position der elektrischen Verbindung einer Wicklungsschicht in Radialrichtung gegenüber einer benachbarten Wicklungsschicht variiert werden, was eine größere Vielfalt an verwendbaren Kontaktierungsverfahren zur Erzeugung der elektrischen Verbindung der korrespondierenden Leiterköpfe erlaubt. Weiters kann das Angreifen eines Biegewerkzeuges für die radiale Umformung der Leiterköpfe von außen bzw. innen, also in Richtung zur oder wegweisend von der Hauptrotationsachse, erleichtert werden.

Im Kontext dieser Anmeldung können mit der Bezeichnung „elektrisches Leiterelement“ auch mehrere elektrische Teilleiter oder Litzen gemeint sein, welche eine gemeinsame Funktion als elektrisches Leiterelement wahrnehmen.

Weiters ist kann die beschriebene Statorkomponente Anschlussenden, Leiterbrücken, Nutsprünge und ähnliche verschaltungsbedingte Elemente aufweisen. Solche funktionsrelevanten Elemente sind dem Fachmann hinlänglich bekannt. Dem Fachmann ist deshalb bewusst, dass die beschriebene Statorkomponente nicht rotationssymmetrisch über den gesamten Umfang ausgeführt sein muss.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 eine Statorkomponente mit einem Teil von Leiterelementen in einer Schrägansicht (a), sowie eine Statorkomponente mit Leiterelementen im Aufriss (b);

Fig. 2 ein Ausschnitt einer Draufsicht auf eine Statorkomponente mit einigen Leiterelementen;

- Fig. 3 ein exemplarisches elektrisches Leiterelement mit in Umfangsrichtung verbogenem Leiterende und in Radialrichtung zur Hauptrotationsrichtung verbogenem Leiterkopf;
- Fig. 4 ein exemplarisches elektrisches Leiterelement mit in bzw. gegen die Umfangsrichtung verbogenen Leiterenden und in Radialrichtung zur Hauptrotationsrichtung verbogenem Leiterköpfen (a, b);
- Fig. 5 verschiedene Ausführungsbeispiele von verbundenen Leiterköpfen mit unterschiedlicher Länge der Leiterköpfe und/oder unterschiedlichem Radialabstand der elektrischen Verbindung;
- Fig. 6 unterschiedliche Ausführungsbeispiele von verbundenen Leiterköpfen mit unterschiedlichem elektrischem Verbindungsquerschnitt;
- Fig. 7 unterschiedliche Ausführungsbeispiele von Leiterköpfen mit geradem, gestuften oder kontinuierliche abnehmendem Leiterkopfsquerschnitt;
- Fig. 8 unterschiedliche Ausführungsbeispiele von elektrischen Verbindungen der Leiterköpfe.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

Fig. 1 zeigt eine Statorkomponente 1 umfassend ein hohlzylindrisches Statorpaket 2, mit einer Vielzahl von in Umfangsrichtung 11 verteilten, sich in Richtung der Hauptrotationsachse 5 erstreckenden Innennuten 6, in welche elektrische Leiterelemente 7 eingesteckt sind.

In Fig. 1a wird eine Schrägansicht gezeigt, wobei zum besseren Verständnis nur ein Teil der elektrischen Leiterelemente 7 exemplarisch dargestellt wird. Das Statorpaket 2 weist eine Statorpaketstirnseite 3 auf, welche im Kontext dieser Erfindung als die Seite der Statorkomponente 1 gemeint ist, an welcher die Anschlüsse für die Bestromung der Statorkomponente 1 bzw. die elektrische Verschaltung etwaiger weiterer elektrischer Elemente gemeint ist. Der Statorpaketstirnseite 3 abgewandt weist das Statorpaket 2 eine Statorpaketbasisseite 4 auf. Die elektrischen Leiterelemente 7 welche als Leiterenden 10 aus der Statorpaketstirnseite 3 einer jeweils radial weiter außen liegenden Lage 8a sind in eine erste Umfangsrichtung 11 gebogen und die aus der Statorpaketstirnseite 3 herausragenden Leiterenden 10 der in radialer Richtung angrenzenden weiter innen liegenden Lage 8b sind entgegengesetzt zur ersten Umfangsrichtung 11 gebogen (vergleiche Fig. 2). Aus Fig. 1 ist bereits ersichtlich, dass die korrespondierenden Leiterköpfe 13 verschiedener Lagen derart in Radialrichtung 12 zur Hauptrotationsachse 5 in Radialrichtung 12 von der Hauptrotationsachse 5 wegweisend gebogen sind, dass eine Berührung bzw. eine elektrische Verbindung gegeben ist.

Fig. 2 stellt einen Ausschnitt einer Statorkomponente 1 in Draufsicht dar. Zum besseren Verständnis sind nur exemplarisch vier elektrische Leiterelemente 7 dargestellt. Die elektrischen Leiterelemente 7 mit im Wesentlichen gleichem Radialabstand zur Hauptrotationsachse 5 liegen als jeweils eine Lage 8 vor. Die elektrischen Leiterelemente 7 einer jeweils radial weiter außen liegenden Lage 8a weisen einen größeren Radialabstand zur Hauptrotationsachse 5 gegenüber den korrespondierenden Leiterelementen 7 einer jeweils radial weiter innen liegenden Lage 8b mit geringerem Radialabstand zur Hauptrotationsachse 5 auf, und bilden eine Wicklungsschicht 9. Die Statorkomponente 1 weist zumindest eine, bevorzugt mehrere Wicklungsschichten 9 auf. In der reduzierten Darstellung in Fig. 2 ist ein Teil zweier Wicklungsschichten 9 skizziert. Aus Fig. 2 ist deutlich ersichtlich dass zumindest die Leiterköpfe 13 der radial weiter außen liegenden Lage 8a in Radialrichtung 12 zur Hauptrotationsachse 5 gebogen sind, während die korrespondierenden Leiterköpfe 13 der radial angrenzenden weiter innen liegenden Lage 8b in Radialrichtung 12 von der Hauptrotationsachse 5 wegweisend gebogen sind.

Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt einer Statorkomponente 1 in einer Schrägansicht mit lediglich einem exemplarischen elektrischen Leiterelement 7. Es ist ersichtlich, dass der Teil des elektrischen Leiterelements 7 der aus der Statorpaketstirnseite 3 des Statorpakets 2 an der Austrittsöffnung herausragt um einen Umfangsbiege- winkel 16 in Umfangsrichtung 11 gebogen ist. Dieser Teil des elektrischen Lei- terelements 7 wird als Leiterende 10 bezeichnet. Weiters ist ersichtlich, dass ein Teil des Leiterendes 10 in Radialrichtung 12 zur Hauptrotationsachse 5 um einen Radialbiegewinkel 17 gebogen ist. Dieser Teil eines elektrischen Leiterelements 7, respektive eines Leiterendes 10, wird als Leiterkopf 13 bezeichnet. Die elektri- schen Leiterelemente 7 sind elektrisch isoliert, was z.B. durch eine Kunststoff- und/oder Lackisolation ausgeführt sein kann. Wie in Fig. 3 ersichtlich kann die Iso- lation der elektrischen Leiterelemente 7, respektive der Leiterenden 10, lediglich am Leiterkopf 13 zumindest teilweise entfernt, also abisoliert, sein um einen elekt- rische Verbindung zu einem korrespondierenden Leiterkopf 13 zu ermöglichen.

Wie aus den Figuren 1b und 4 ersehen werden kann, dann es von Vorteil sein dass die elektrischen Leiterelemente 7 jeweils ein aus der Statorpaketbasisseite 4 herausragendes Leiterende 10 mit jeweils einem zumindest teilweise abisolierten Leiterkopf 13 aufweisen und die aus der Statorpaketbasisseite 4 herausragenden Leiterenden 10 entgegengesetzt der Umfangsbiegerichtung 14 der aus der Stator- paketstirnseite 3 herausragenden Leiterenden 10 derselben Lage 8 gebogen sind jedoch die Radialbiegerichtung 15 der Leiterköpfe 13 der aus der Statorpaketba- sisseite 4 herausragenden Leiterenden 10 mit der Radialbiegerichtung 15 der Lei- terköpfe 13 der aus der Statorpaketstirnseite 3 herausragenden Leiterenden 10 derselben Lage 8 übereinstimmt. Dies ermöglicht alternativ zur Verwendung von „U-förmig“ vorgebogenen elektrischen Leiterelementen 7 den Einsatz von stabför- migen elektrischen Leiterelementen 7. Die Biegung in bzw. gegen die Umfangs- richtung 11, sowie in Radialrichtung 12 zur bzw. wegweisend von der Hauptrotati- onsachse 5 ist bei den stabförmigen elektrischen Leiterelementen 7 somit an bei- den Seiten des Statorpakets 2 ausgeprägt, was eine Reduktion der Bauhöhe der Statorkomponente 1 erlaubt. Aus der Darstellung in Fig. 4 ist ersichtlich, dass der Umfangsbiege- winkel 16 der in bzw. gegen die Umfangsrichtung 11 gebogenen Leiterenden 10 gegenüber der Hauptrotationsachse 5 des Statorpakets 2 einen

Umfangsbiegewinkel 16 zwischen 15° und 75° , bevorzugt zwischen 35° und 70° , besonders bevorzugt zwischen 50° und 65° aufweisen kann. Dies gilt im Wesentlichen für Leiterenden 10 welche an der Statorpaketstirnseite 3 und/oder der Statorpaketbasisseite 4 herausragen.

Es kann vorgesehen sein, dass die Länge der Leiterköpfe 13 der aus der Statorpaketstirnseite 3 herausragenden Leiterenden 10 mehr als 5% der Länge der aus der Statorpaketstirnseite 3 herausragenden Leiterenden 10 ausmacht und/oder die Länge der Leiterköpfe 13 der aus der Statorpaketbasisseite 4 herausragenden Leiterenden 10 mehr als 5% der Länge der aus der Statorpaketbasisseite 4 herausragenden Leiterenden 10 ausmacht. Dies kann in den Figuren 4a bzw. 4b deutlich ersehen werden. Die Länge der Leiterenden 10 wird in diesem Zusammenhang von der Austrittsöffnung der Innennuten 6 ausgehend bestimmt.

Vorteilhaft kann auch eine Ausprägung sein, gemäß welcher vorgesehen ist, dass die Länge der aus der Statorpaketstirnseite 3 und/oder der Statorpaketbasisseite 4 herausragenden Leiterenden 10 der radial weiter außen liegenden Lage 8a unterschiedlich, insbesondere größer, zur Länge der korrespondierenden Leiterenden 10 der Statorpaketstirnseite 3, respektive der Statorpaketbasisseite 4, der in radialer Richtung angrenzenden weiter innen liegenden Lage 8b ist. Werden bspw. elektrische Leiterelemente 7 gleicher Länge radial fluchtend in die Innennuten 6 eingesteckt, ist eine Biegung in Umfangsrichtung 11 der radial weiter außen liegenden Leiterenden 10 um eine größere Strecke erforderlich, als für die Leiterenden 10 welche radial weiter innen liegend angeordnet sind. Von der Seite aus betrachtet, also in Radialrichtung, würden die Leiterenden 10 bzw. die elektrischen Verbindungen zwischen den korrespondierenden Leiterköpfen 13 **eine „dachförmige“ oder „trapezförmige“ Hüllfläche aufweisen**. Diese Ausführungsform kann fertigungstechnisch gewisse Vorteile bieten, wie etwa dass ein zur elektrischen Verbindung der Leiterköpfe 13 eingesetzter Laser aus Radialrichtung 12 eingesetzt werden kann. Es kann jedoch erforderlich sein, dass die Entfernung der elektrischen Verbindungen der Leiterköpfe 13 von der Statorpaketstirnseite 3, respektive der Statorpaketbasisseite 4, im Wesentlichen gleichmäßig ist. Ein solcher Fall ist in Fig. 1b dargestellt, wo eine Statorkomponente 1 mit einem Statorpaket 2, im

Aufriss, wobei in die Innennuten 6 eine Mehrzahl von elektrischen Leiterelementen 7 voneinander elektrisch isoliert in radialer Richtung fluchtend eingesteckt sind. Die Leiterenden 10 der in radialer Richtung fluchtend angeordneten elektrischen Leiterelemente 7 weisen hier unterschiedliche Längen in den jeweils unterschiedlichen Lagen 8 auf. Dies führt zu einer besonders kompakten Statorkomponente 1 mit geringer Bauhöhe.

In Fig. 5 sind exemplarische Ausschnitte von elektrischen Verbindungen von korrespondierenden Leiterköpfen 13 dargestellt, wobei exemplarisch auf verschiedene mögliche Ausführungsformen der Länge der Leiterköpfe 13 eingegangen wird. Es kann vorgesehen sein, dass die Länge der aus der Statorpaketstirnseite 3 und/oder der Statorpaketbasisseite 4 herausragenden Leiterenden 10 der radial weiter außen liegenden Lage 8a unterschiedlich, insbesondere größer, zur Länge der korrespondierenden Leiterenden 10 der Statorpaketstirnseite 3, respektive der Statorpaketbasisseite 4, der in radialer Richtung angrenzenden weiter innen liegenden Lage 8b ist. Im Falle unterschiedlicher Längen der korrespondierenden Leiterköpfe 13 kann die Lage der in Fig. 5 dargestellten elektrischen Verbindung gezielt zwischen, und hierbei insbesondere mittig zwischen, zwei Lagen 8a,b eingestellt werden. Dies kann vorteilhaft sein da die Position der elektrischen Verbindung einer Wicklungsschicht 9 in Radialrichtung 12 und/oder Umfangsrichtung 11 gegenüber einer benachbarten Wicklungsschicht 9 variiert werden kann. Eine größere Vielfalt an verwendbaren Kontaktierungsverfahren zur Erzeugung der elektrischen Verbindung der korrespondierenden Leiterköpfe 13 wird dadurch ermöglicht.

Ferner kann aus Fig. 5 in Zusammenschau mit Fig. 4 besonders gut ersehen werden, dass die in Radialrichtung 12 zur bzw. wegweisend von der Hauptrotationsachse 5 gebogenen Leiterköpfe 13 um einen Radialbiegewinkel 17 gegenüber der jeweiligen in Umfangsrichtung 11 gebogenen Leiterenden 10 zwischen 15° und 85° , bevorzugt zwischen 35° und 70° , besonders bevorzugt zwischen 40° und 50° aufweisen können. Die Wahl des Radialbiegewinkels 17 kann vom Fachmann in Anbetracht einiger Faktoren durchgeführt werden, wie etwa dem verwendeten Durchmesser der elektrischen Leiterelemente 7, der Länge der Leiterköpfe 13, der

Anordnung der elektrischen Leiterelemente 7 in Radialrichtung 12 und dgl. mehr. Es ist jedoch für eine qualitativ hochwertige Statorkomponente 1 mit geringer Bauhöhe darauf zu achten, dass der Radialbiegewinkel 17 der korrespondierenden Leiterköpfe 13 derart gewählt wird, dass sich die Leiterköpfe 13 eine elektrische Verbindung aufweisen.

Vorteilhaft ist es auch wenn die Leiterköpfe 13 der an der Statorpaketstirnseite 3 herausragenden Leiterenden 10 eine Leiterkopfstirnseite 18 aufweisen welche mit der Leiterkopfstirnseite 18 des korrespondierenden Leiterkopfes 13 elektrisch verbunden ist, und/oder die Leiterköpfe 13 der an der Statorpaketbasisseite 4 herausragenden Leiterenden 10 eine Leiterkopfbasisseite 19 aufweisen welche mit der Leiterkopfbasisseite 19 des korrespondierenden Leiterkopfes 13 elektrisch verbunden ist. Die Leiterkopfstirnseiten 18 bzw. Leiterkopfbasisseiten 19 sind z.B. in Fig. 4 oder auch Fig. 7 dargestellt. Die Leiterkopfbasisseiten 19 können analog zu den gezeigten Beispielen für die Leiterkopfstirnseiten 18 ausgeprägt sein. Durch die elektrische Verbindung der korrespondierenden Leiterkopfstirnseiten 18 bzw. Leiterkopfbasisseiten 19 wird eine ausgezeichnete elektrische Verbindung der elektrischen Leiterelemente 7 sichergestellt. Weiters wird die Gesamtlänge der elektrischen Leiterelemente 7 auf ein Minimum reduziert was zu einer effektiven Reduktion der Bauhöhe der Statorkomponente 1 beiträgt.

Für gewisse Anwendungen kann es vorteilhaft sein, dass die Leiterköpfe 13 der an der Statorpaketstirnseite 3 herausragenden Leiterenden 10 und/oder die Leiterköpfe 13 der an der Statorpaketbasisseite 4 herausragenden Leiterenden 10 eine stufenweise und/oder kontinuierliche Querschnittsabnahme in Richtung der Leiterkopfstirnseite 18, respektive der Leiterkopfbasisseite 19, gegenüber dem Querschnitt des Leiterelements 7 an der Austrittsöffnung zur Innennut 6 aufweisen. Einige exemplarische Ausführungsformen für unterschiedliche Leiterköpfe 13 sind in Fig. 7 dargestellt. Wird beispielsweise der Querschnitt eines elektrischen Leiterelements 7 am Leiterkopf 13 beibehalten, kann die Leiterkopfstirnseite 18 im dargestellten Beispiel in Fig. 7 links oben eine rechteckige Form aufweisen. Es können jedoch durch eine kontinuierliche Querschnittsabnahme im Bereich des Leiterkopfs 13 die Kräfte zur Biegung des Leiterkopfs 13 in Radialrichtung 12 gesenkt

werden. Diese kontinuierliche Querschnittsabnahme kann z.B. als Keil- oder Spitzenform oder auch Quetschung des Leiterkopfes ausgebildet sein. Des Weiteren sind stufenförmige Leiterköpfe 13 wie in Fig. 7 unten dargestellt denkbar. Die korrespondierenden Leiterköpfe 13 können jeweils entgegengesetzte Abstufungen aufweisen, wodurch sich ein erhöhter elektrischer Verbindungsquerschnitt 20, wie in Fig. 6 dargestellt ergibt. Eine Kombination der oben genannten Geometrien für korrespondierende Leiterköpfe 13 ist ebenso möglich. Die erwähnte Querschnittsabnahme der Leiterköpfe 13 beispielsweise durch Laserbearbeitung, Stanzen, oder einen Ablängvorgang bei der Herstellung der elektrischen Leiterelemente 7 eingestellt werden und wird deshalb an dieser Stelle nicht weiter erläutert.

In einer Weiterbildung ist es möglich, dass ein elektrischer Verbindungsquerschnitt 20 eines Leiterkopfes 13 der radial weiter außen liegenden Lage 8 mit dem korrespondierenden Leiterkopf 13 von mehr als 50%, bevorzugt mehr als 75%, einer Leiterkopfquerschnittsfläche 21 zumindest eines der verbundenen Leiterköpfe 13 ausgebildet ist. Der elektrische Verbindungsquerschnitt 20 ist anhand korrespondierender Leiterköpfe 13, welche exakt fluchtend in Radialrichtung 12 gebogen sind exemplarisch in Fig. 6a dargestellt. Eine genaue Überdeckung der Leiterkopfstirnseiten 18 bzw. Leiterkopfbasisseiten 19 in Richtung der Leiterkopfachse, also der gedachten Verlängerung der Leiterköpfe 13, sorgt somit für den höchsten **„Wirkdurchmesser“ für den Stromfluss.** Wie in Fig. 6b dargestellt, können jedoch Ausrichtungsabweichungen der korrespondierenden Leiterköpfe 13 in Richtung der Hauptrotationsachse 5 bzw. in Umfangsrichtung 11 vorkommen, wodurch ein verringerter elektrischer Verbindungsquerschnitt 20 entsteht. Es hat sich gezeigt, dass produktionstechnisch eine gewisse Toleranz vorgesehen sein sollte, weshalb zumindest 50%, bevorzugt 75%, der Leiterkopfquerschnittsfläche 21 zumindest eines der korrespondierenden Leiterköpfe 13 vom elektrischen Verbindungsquerschnitt 20 eingenommen werden sollte.

Gemäß einer Weiterbildung ist es möglich, dass die elektrische Verbindung der Leiterköpfe 13 der radial weiter außen liegenden Lage 8a mit den korrespondierenden Leiterköpfen 13 als Lötverbindung 24 ausgeführt ist. Hierzu erfolgt die Er-

zeugung eines hohen elektrischen Verbindungsquerschnitts 20 über die Erschmelzung eines Zusatzstoffes, welcher die korrespondierenden Leiterköpfe 13 nach der Erstarrung elektrisch leitfähig verbindet. Eine schematische Darstellung einer solchen Lötverbindung 24 ist in Fig. 8 ersichtlich. Alternativ dazu ist die Herstellung einer elektrischen Verbindung mittels einem elektrischen Kleber denkbar.

Entsprechend einer anderen Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die elektrische Verbindung der Leiterköpfe 13 der radial weiter außen liegenden Lage 8a mit den korrespondierenden Leiterköpfen 13 als Schweißverbindung ausgeführt ist. In Fig. 8 sind mehrere Varianten von Schweiß- bzw. Lötverbindungen dargestellt. Das Schweißverfahren für die elektrische Verbindung sollte möglichst wenig Wärme in die elektrischen Leiterelemente einbringen. Es sind neben Lasertiefschweißen, Elektronenstrahl-tiefschweißen, Plasmatiefschweißen auch Kondensatorentladungsschweißen, oder auch Ultraschallreibschweißen denkbar. Die Schweißverbindung in Form eines Schweißtropfens 22 kann z.B. durch Wärmeleitungsschweißen mittels Laser hergestellt sein. Der Schweißtropfen 22 kann sich nicht nur oberflächlich sondern bevorzugt auch über einen Teil der Leiterköpfe 13 in Richtung der Hauptrotationsachse 5 erstrecken um einen möglichst hohen elektrischen Verbindungsquerschnitts 20 zu gewährleisten, wie in der linken Hälfte der Fig. 8 anhand einer Schrägansicht des Schweißtropfens 22, sowie eines Schnittes durch die elektrische Verbindung, gezeigt wird. Schweißverbindungen haben generell den Vorteil, dass sie mechanisch, thermisch und elektrisch besonders stabil sind. An dieser Stelle sei auf unterschiedliche Formen von Leiterköpfen 13 verwiesen, welche in Fig. 7 dargestellt sind. Die Ausbildung eines Schweißtropfens 22 (oder auch Schweißperle) kann durch die Wahl z.B. spitz beschnittener Leiterköpfe 13 vorteilhaft beeinflusst werden.

Es kann von besonderem Vorteil sein, wenn die Schweißverbindungen mittels Laser hergestellt sind. Der Wärmeeintrag in die Leiterköpfe 13, respektive die Leiterenden 10 wird z.B. durch die Fokussierung und Verweildauer des Lasers an einer Stelle beeinflusst. Im Allgemeinen haben Laser einen sehr geringen Wärmeeintrag im Vergleich von z.B. Widerstandsschweißen der Leiterköpfe 13. Deshalb kann

die Isolation der Leiterenden 10 auch beim Herstellen der elektrischen Verbindung schadlos gehalten werden.

Gemäß einer Ausprägung ist es möglich dass die Leiterkopfstirnseiten 18 und/oder die Leiterkopfbasisseiten 19 der Leiterköpfe 13 der radial weiter außen liegenden Lage 8a mit den Leiterkopfstirnseiten 18, respektive den Leiterkopfbasisseiten 19, der korrespondierenden Leiterköpfe 13 mittels einer Schweißnaht 23, 23a, insbesondere Lasertieflochsweißnaht 23b, verbunden sind. Diese Ausprägung ist sehr gut aus Fig. 8 ersichtlich, wo in der rechten Bildhälfte elektrische Verbindungen und deren Schnitte gezeigt sind. Die Ausbildung einer Schweißnaht 23, 23a ermöglicht hierdurch auf einfache Weise die Gestaltung eines hohen elektrischen Verbindungsquerschnitts 20. Es sind zur Ausbildung einer Schweißnaht 23 die Aneinanderreihung mehrerer, u.U. überlappender, Schweißtropfen 22 denkbar. Für die o.g. Minimierung des Wärmeeintrags wird jedoch das Wärmeleitungsschweißen mittels Elektronenstrahl oder Laser entlang der Leiterkopfstirnseiten 18 bzw. Leiterkopfbasisseiten 19 bevorzugt. Wie in der Fig. 8 schematisch dargestellt kann die Schweißnaht 23 als Lasertieflochsweißnaht 23b, oder auch Elektronenstrahlschweißnaht, ausgeführt sein. Die Länge und Tiefe der jeweiligen Schweißnaht 23 kann heutzutage gut automatisiert und mit hoher Präzision hergestellt werden. Ein hoher elektrischer Verbindungsquerschnitt 20 kann dadurch gut reproduzierbar eingestellt werden.

In einer besonderen Ausführungsform ist die elektrische Verbindung der Leiterköpfe 13 der aus der Statorpaketstirnseite 3 herausragenden Leiterenden 10 der radial weiter außen liegenden Lage 8a mit den korrespondierenden Leiterköpfen 13, und/oder die elektrische Verbindung der Leiterköpfe 13 der aus der Statorpaketbasisseite 4 herausragenden Leiterenden 10 der radial weiter außen liegenden Lage 8a mit den korrespondierenden Leiterköpfen 13, in Richtung der Hauptrotationsachse 5 zwischen, insbesondere mittig zwischen, der in radialer Richtung liegenden Innenseite der Leiterenden 10 der radial weiter außen liegenden Lage 8a und der in radialer Richtung liegenden Außenseite der Leiterenden 10 der radial weiter innen liegenden Lage 8b ausgeführt ist. Die resultierende Position elektri-

scher Verbindungen ist mittels gestrichelter Linien in den beispielhaften Darstellungen in Fig. 5 gezeigt. Die Position der elektrischen Verbindung einer Wicklungsschicht 9 in Radialrichtung 12 gegenüber einer benachbarten Wicklungsschicht 9 kann hierdurch einfach variiert werden (vergleiche Fig. 2 und 5). Dies ermöglicht eine größere Vielfalt an verwendbaren Kontaktierungsverfahren zur Erzeugung der elektrischen Verbindung der korrespondierenden Leiterköpfe 13. Weiters kann das Angreifen eines Biegewerkzeuges für die Umformung der Leiterköpfe in Radialrichtung 12 von außen bzw. innen, also in Richtung zur oder wegweisend von der Hauptrotationsachse 5, erleichtert werden.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

Der Schutzbereich ist durch die Ansprüche bestimmt. Die Beschreibung und die Zeichnungen sind jedoch zur Auslegung der Ansprüche heranzuziehen. Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen können für sich eigenständige erfinderische Lösungen darstellen. Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mitumfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereiche beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1, oder 5,5 bis 10.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Elemente teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|---|
| 1 | Statorkomponente |
| 2 | Statorpaket |
| 3 | Statorpaketstirnseite |
| 4 | Statorpaketbasisseite |
| 5 | Hauptrotationsachse |
| 6 | Innennut |
| 7 | Leiterelement |
| 8 | a,b Lage |
| 9 | Wicklungsschicht |
| 10 | Leiterende |
| 11 | Umfangsrichtung |
| 12 | Radialrichtung |
| 13 | Leiterkopf, Leiterköpfe |
| 14 | Umfangsbiegerichtung |
| 15 | Radialbiegerichtung |
| 16 | Umfangsbiegewinkel |
| 17 | Radialbiegewinkel |
| 18 | Leiterkopfstirnseite |
| 19 | Leiterkopfbasisseite |
| 20 | Verbindungsquerschnitt |
| 21 | Leiterkopfquerschnittsfläche |
| 22 | Schweißtropfen |
| 23 | a Schweißnaht; b Tiefloch-
schweißnaht |
| 24 | Lötverbindung |

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Statorkomponente (1) für eine elektrische Maschine, die Statorkomponente (1) umfassend:
 ein hohlzylindrisches Statorpaket (2) mit einer Statorpaketstirnseite (3) und einer Statorpaketbasisseite (4), welches eine Vielzahl von in Umfangsrichtung (11) verteilten, sich in Richtung der Hauptrotationsachse (5) durchgehend an der Innenseite des Statorpakets (2) erstreckende Innennuten (6) aufweist,
 wobei die Mehrzahl oder alle der Innennuten (6) eine Mehrzahl von elektrischen Leiterelementen (7) aufweist, welche voneinander elektrisch isoliert in radialer Richtung fluchtend eingesteckt sind,
 und wobei alle elektrischen Leiterelemente (7) mit im Wesentlichen gleichem Radialabstand zur Hauptrotationsachse (5) als jeweils eine Lage (8) vorliegen und wobei die elektrischen Leiterelemente (7) einer jeweils radial weiter außen liegenden Lage (8a) mit größerem Radialabstand zur Hauptrotationsachse (5) mit korrespondierenden Leiterelementen (7) einer jeweils radial weiter innen liegenden Lage (8b) mit geringerem Radialabstand zur Hauptrotationsachse (5) als die jeweils radial weiter außen liegende Lage (8a) als eine Wicklungsschicht (9) ausgebildet sind, und die Statorkomponente (1) zumindest eine Wicklungsschicht (9) aufweisend, wobei die elektrischen Leiterelemente (7) als aus dem Statorpaket (2) herausragende Leiterenden (10) ausgebildet sind,
 und zumindest die aus der Statorpaketstirnseite (3) herausragenden Leiterenden (10) der jeweils radial weiter außen liegenden Lage (8a) in eine erste Umfangsrichtung (11) gebogen sind und die aus der Statorpaketstirnseite (3) herausragenden Leiterenden (10) der in radialer Richtung angrenzenden weiter innen liegenden Lage (8b) entgegengesetzt zur ersten Umfangsrichtung (11) gebogen sind, und jedes Leiterende (10) der jeweils radial weiter außen liegenden Lage (8a) einen zumindest teilweise abisolierten Leiterkopf (13) aufweist der mit einem zumindest teilweise abisolierten Leiterkopf (13) eines vorgesehenen Leiterendes (10) der in Radialrichtung (12) angrenzenden weiter innen liegenden Lage (8b) elektrisch verbunden vorliegt, dadurch gekennzeichnet dass:

zumindest die Leiterköpfe (13) der radial weiter außen liegenden Lage (8a) in Radialrichtung (12) zur Hauptrotationsachse (5) gebogen sind, während die korrespondierenden Leiterköpfe (13) der radial angrenzenden weiter innen liegenden Lage (8b) in Radialrichtung (12) von der Hauptrotationsachse (5) wegweisend gebogen sind.

2. Statorkomponente (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Leiterelemente (7) jeweils ein aus der Statorpaketbasisseite (4) herausragendes Leiterende (10) mit jeweils einem zumindest teilweise abisolierten Leiterkopf (13) aufweisen und die aus der Statorpaketbasisseite (4) herausragenden Leiterenden (10) entgegengesetzt der Umfangsbiegerichtung (14) der aus der Statorpaketstirnseite (3) herausragenden Leiterenden (10) derselben Lage (8) gebogen sind jedoch die Radialbiegerichtung (15) der Leiterköpfe (13) der aus der Statorpaketbasisseite (4) herausragenden Leiterenden (10) mit der Radialbiegerichtung (15) der Leiterköpfe (13) der aus der Statorpaketstirnseite (3) herausragenden Leiterenden (10) derselben Lage (8) übereinstimmt.

3. Statorkomponente (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Leiterköpfe (13) der aus der Statorpaketstirnseite (3) herausragenden Leiterenden (10) mehr als 5% der Länge der aus der Statorpaketstirnseite (3) herausragenden Leiterenden (10) ausmacht und/oder die Länge der Leiterköpfe (13) der aus der Statorpaketbasisseite (4) herausragenden Leiterenden (10) mehr als 5% der Länge der aus der Statorpaketbasisseite (4) herausragenden Leiterenden (10) ausmacht.

4. Statorkomponente (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der aus der Statorpaketstirnseite (3) und/oder der Statorpaketbasisseite (4) herausragenden Leiterenden (10) der radial weiter außen liegenden Lage (8a) unterschiedlich, insbesondere größer, zur Länge der korrespondierenden Leiterenden (10) der Statorpaketstirnseite (3), respektive der Statorpaketbasisseite (4), der in radialer Richtung angrenzenden weiter innen liegenden Lage (8b) ist.

5. Statorkomponente (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Leiterköpfe (13) der aus der Statorpaketstirn- (3) und/oder der aus der Statorpaketbasisseite (4) herausragenden Leiterenden (10) der radial weiter außen liegenden Lage (8a) unterschiedlich, insbesondere größer, zur Länge der korrespondierenden Leiterköpfe (13) der Statorpaketstirnseite (3), respektive der Statorpaketbasisseite (4), herausragenden Leiterenden (10) der in radialer Richtung angrenzenden weiter innen liegenden Lage (8b) ist.

6. Statorkomponente (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die in bzw. gegen die Umfangsrichtung (11) gebogenen Leiterenden (10) gegenüber der Hauptrotationsachse (5) des Statorpakets (2) einen Umfangsbiegewinkel (16) zwischen 15° und 75° , bevorzugt zwischen 35° und 70° , besonders bevorzugt zwischen 50° und 65° aufweisen.

7. Statorkomponente (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die in Radialrichtung (12) zur bzw. wegweisend von der Hauptrotationsachse (5) gebogenen Leiterköpfe (13) um einen Radialbiegewinkel (17) gegenüber der jeweiligen in Umfangsrichtung (11) gebogenen Leiterenden (10) zwischen 15° und 85° , bevorzugt zwischen 35° und 70° , besonders bevorzugt zwischen 40° und 50° aufweisen.

8. Statorkomponente (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterköpfe (13) der an der Statorpaketstirnseite (3) herausragenden Leiterenden (10) eine Leiterkopfstirnseite (18) aufweisen welche mit der Leiterkopfstirnseite (18) des korrespondierenden Leiterkopfes (13) elektrisch verbunden ist, und/oder die Leiterköpfe (13) der an der Statorpaketbasisseite (4) herausragenden Leiterenden (10) eine Leiterkopfbasisseite (19) aufweisen welche mit der Leiterkopfbasisseite (19) des korrespondierenden Leiterkopfes (13) elektrisch verbunden ist.

9. Statorkomponente (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein elektrischer Verbindungsquerschnitt (20) eines Leiterkopfes (13) der radial weiter außen liegenden Lage (8) mit dem korrespondierenden Leiterkopf (13) von mehr als 50%, bevorzugt mehr als 75%, einer Leiterkopfquerschnittsfläche (21) zumindest eines der verbundenen Leiterköpfe (13) ausgebildet ist.

10. Statorkomponente (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterköpfe (13) der an der Statorpaketstirnseite (3) herausragenden Leiterenden (10) und/oder die Leiterköpfe (13) der an der Statorpaketbasisseite (4) herausragenden Leiterenden (10) eine stufenweise und/oder kontinuierliche Querschnittsabnahme in Richtung der Leiterkopfstirnseite (18), respektive der Leiterkopfbasisseite (19), gegenüber dem Querschnitt des Leiterelements (7) an der Austrittsöffnung zur Innennut (6) aufweisen.

11. Statorkomponente (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Verbindung der Leiterköpfe (13) der radial weiter außen liegenden Lage (8a) mit den korrespondierenden Leiterköpfen (13) als Lötverbindung (24) ausgeführt ist.

12. Statorkomponente (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Verbindung der Leiterköpfe (13) der radial weiter außen liegenden Lage (8a) mit den korrespondierenden Leiterköpfen (13) als Schweißverbindung ausgeführt ist.

13. Statorkomponente (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Schweißverbindung als Schweißtropfen (22) ausgebildet ist.

14. Statorkomponente (1) nach den Ansprüchen 8 und 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterkopfstirnseiten (18) und/oder die Leiterkopfbasisseiten (19) der Leiterköpfe (13) der radial weiter außen liegenden Lage (8a) mit den

Leiterkopfstirnseiten (18), respektive den Leiterkopfbasisseiten (19), der korrespondierenden Leiterköpfe (13) mittels einer Schweißnaht (23, 23a), insbesondere Lasertieflochsweißnaht (23b), verbunden sind.

15. Statorkomponente (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Verbindung der Leiterköpfe (13) der aus der Statorpaketstirnseite (3) herausragenden Leiterenden (10) der radial weiter außen liegenden Lage (8a) mit den korrespondierenden Leiterköpfen (13), und/oder dass die elektrische Verbindung der Leiterköpfe (13) der aus der Statorpaketbasisseite (4) herausragenden Leiterenden (10) der radial weiter außen liegenden Lage (8a) mit den korrespondierenden Leiterköpfen (13), in Richtung der Hauptrotationsachse (5) zwischen, insbesondere mittig zwischen, der in radialer Richtung liegenden Innenseite der Leiterenden (10) der radial weiter außen liegenden Lage (8a) und der in radialer Richtung liegenden Außenseite der Leiterenden (10) der radial weiter innen liegenden Lage (8b) ausgeführt ist.

Fig.1a

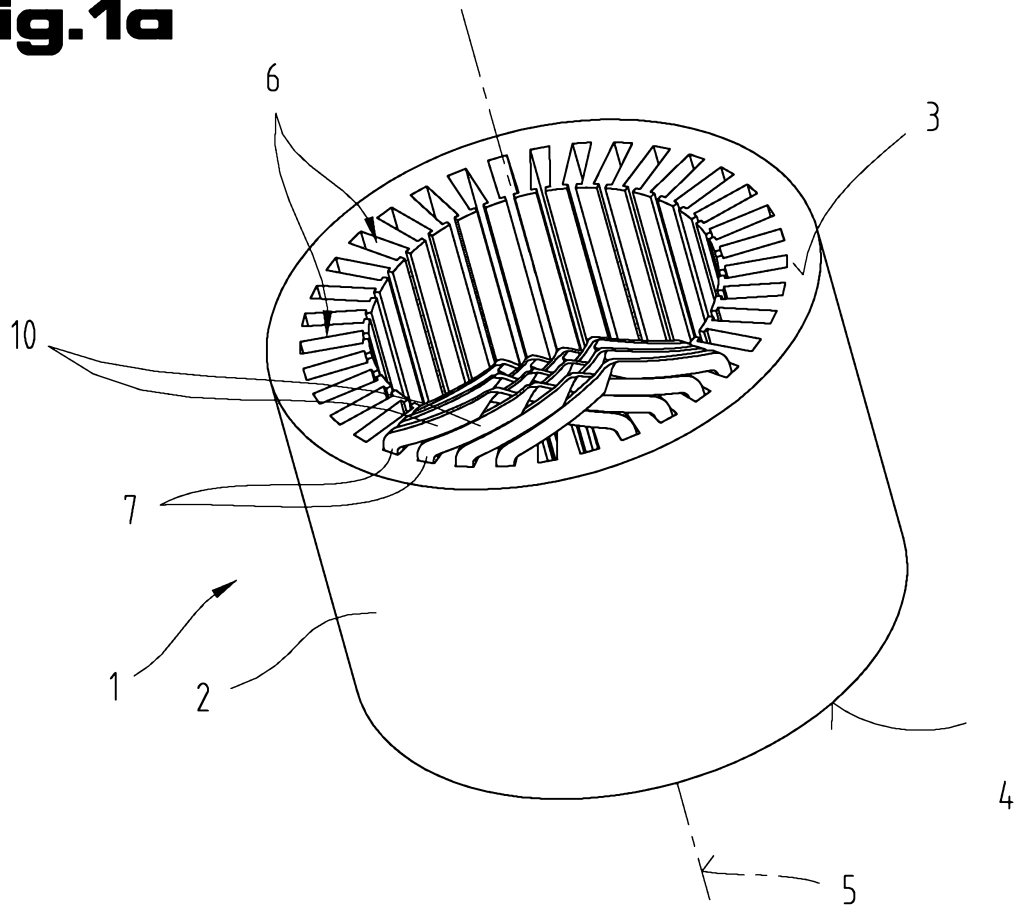
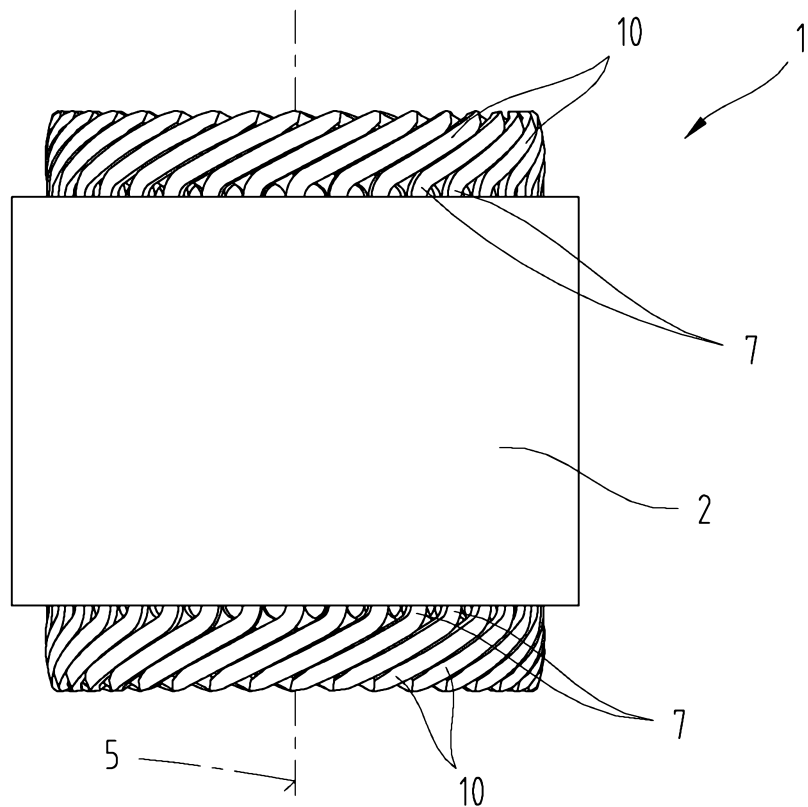


Fig.1b



Miba Aktiengesellschaft

Fig.2

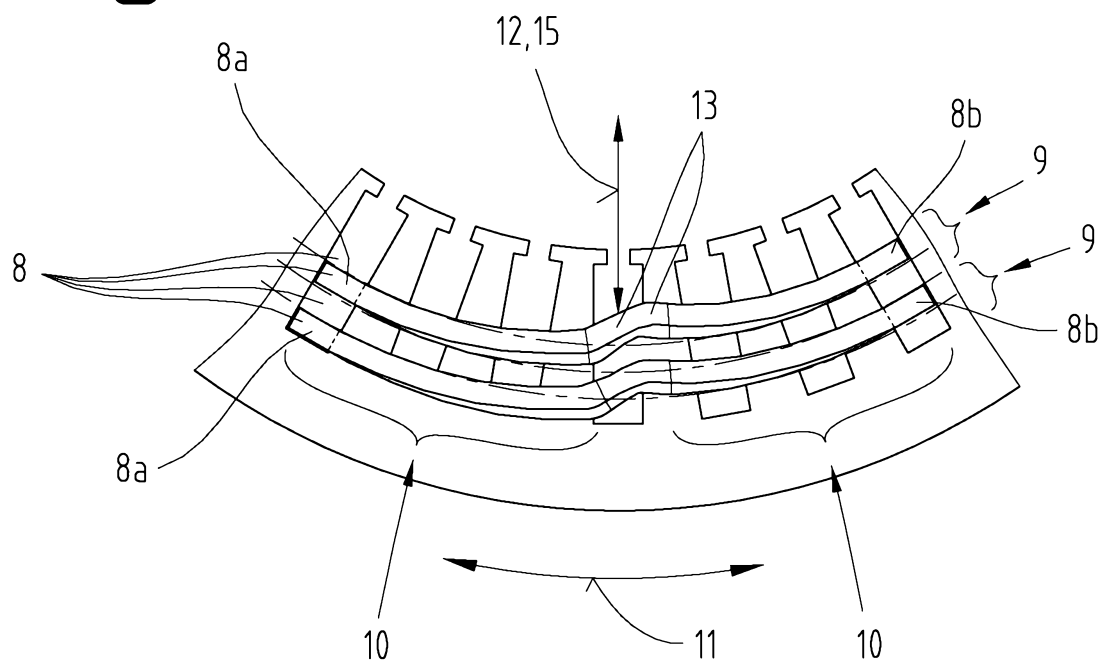


Fig.3

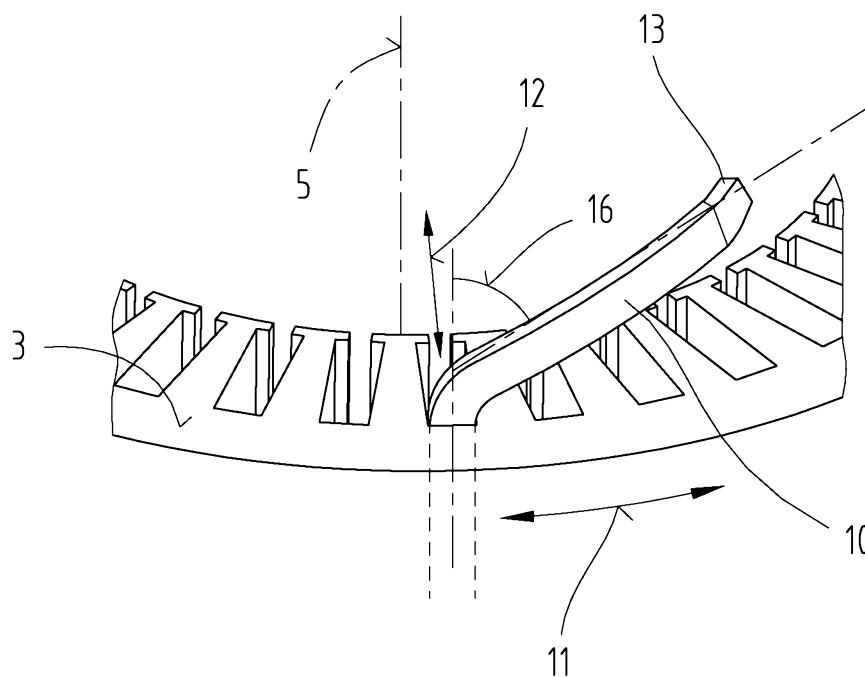


Fig.4a

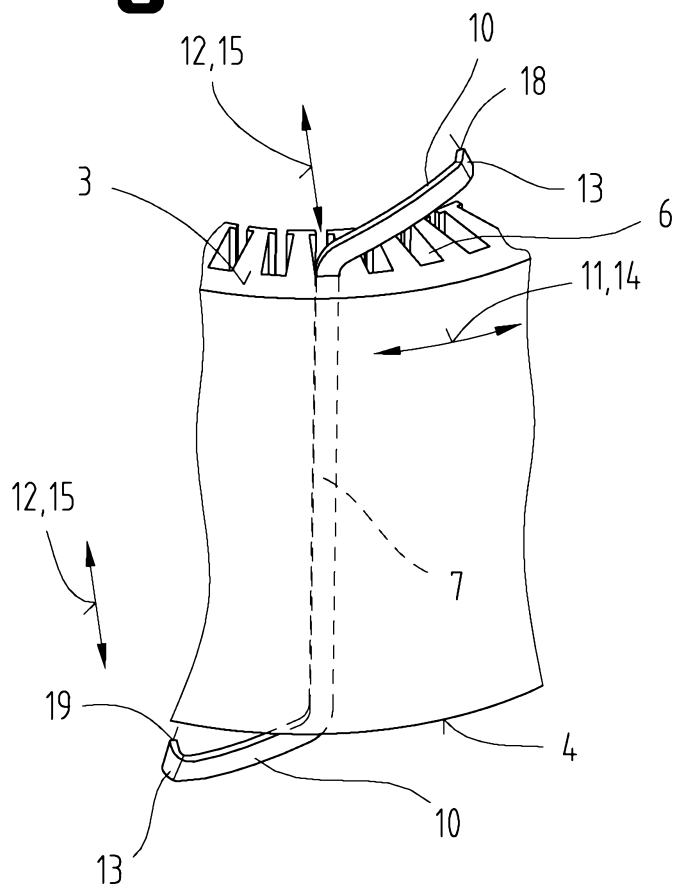


Fig.4b

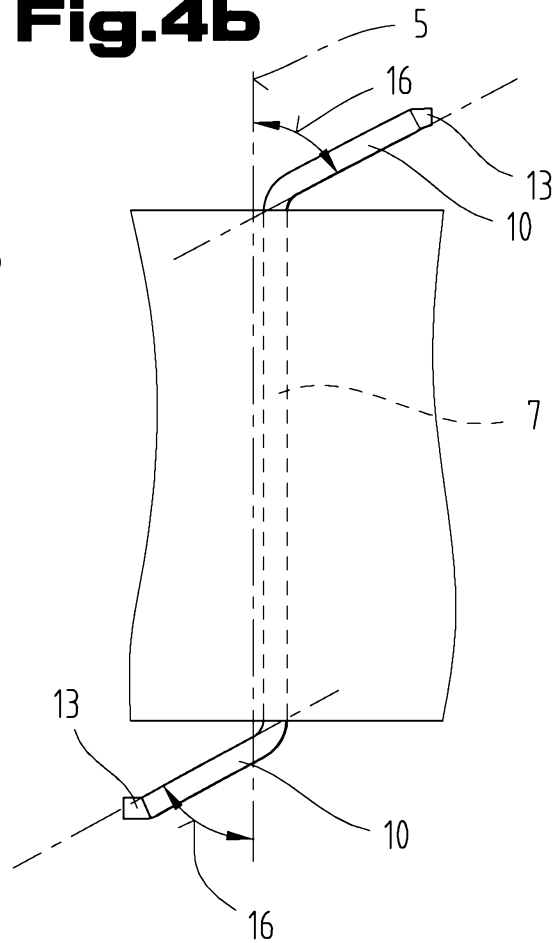


Fig.5

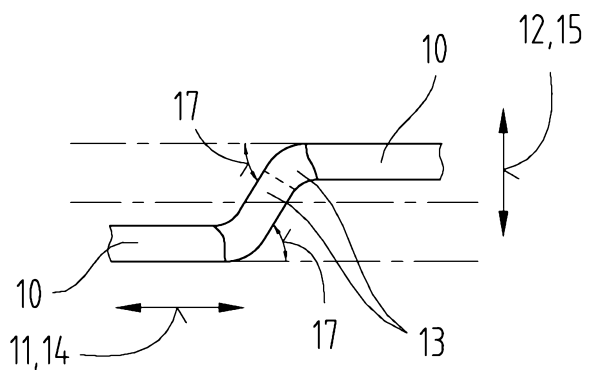
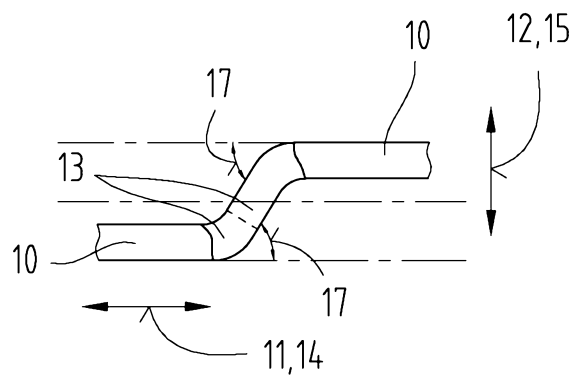
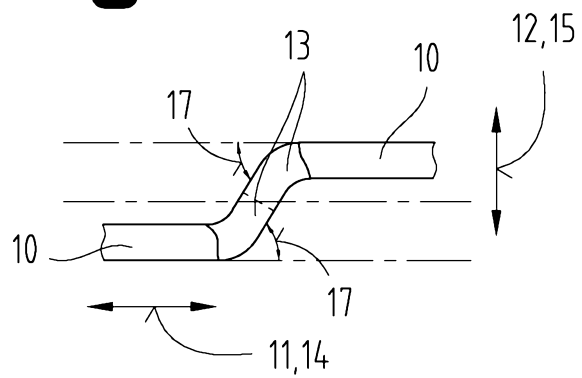


Fig.6a

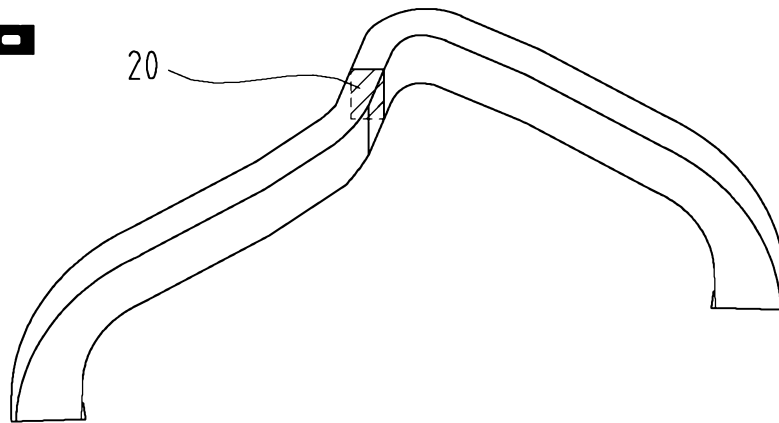


Fig.6b

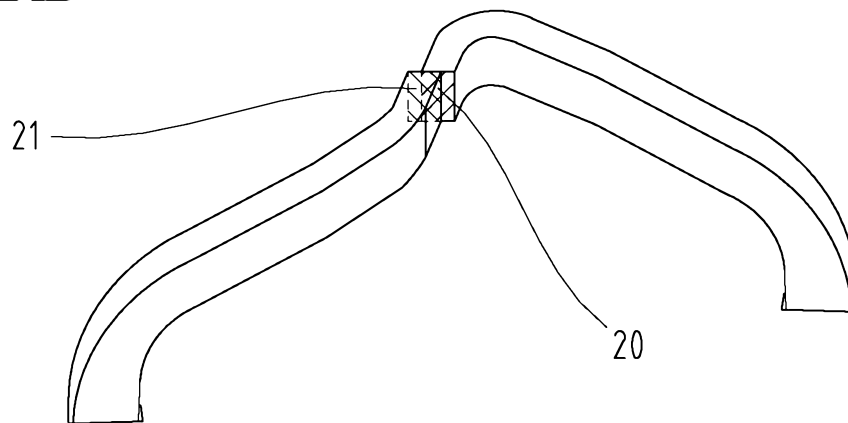


Fig.7

