

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21)

Anmeldenummer:

A 50739/2017

(22)

Anmeldetag:

01.09.2017

(43)

Veröffentlicht am:

15.03.2019

(51)

Int. Cl.:

H02K 15/00

H02K 15/085

H02K 15/09

(2006.01)

(2006.01)

(2006.01)

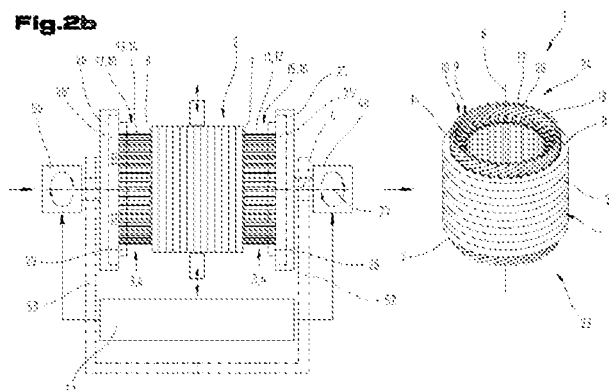
(56) Entgegenhaltungen: DE 102015217922 A1 CN 204145222 U	(71) Patentanmelder: Miba Aktiengesellschaft 4663 Laakirchen (AT) (72) Erfinder: Falkner Andreas 4600 Wels (AT) Primorac Mladen-Mateo 3100 St. Pölten (AT) Scherrer David Dipl.Ing. 4810 Gmunden (AT) (74) Vertreter: Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt GmbH 4580 Windischgarsten (AT)
---	--

(54)

Verfahren und Vorrichtung zur automatisierten Herstellung eines Stators einer elektrischen Maschine

(57)

Die Erfindung betrifft Verfahren und eine Vorrichtung zur automatisierten Herstellung eines Halbfabrikates eines Stators (1) einer elektrischen Maschine. Dabei wird ein im Wesentlichen hohlzylindrisches Blechpaket (2) mit einer Mehrzahl von gestapelten, eine Hauptachse (6) definierenden Blechlamellen (2') bereitgestellt. Stabförmige Leiterelemente (3, 4) zum Aufbau einer elektrischen Wicklung stehen mit wenigstens einem ihrer Längsenden (11, 12; 13, 14) gegenüber dem ersten und/oder zweiten Stirnende (7, 8) des Blechpakets (2) vor, sodass sie an wenigstens einem der Stirnenden (7, 8) des Blechpakets (2) Leitungsüberstände (15, 16; 17, 18) gegenüber dem Blechpaket (2) ausbilden. Diese Leitungsüberstände (15, 16; 17, 18) der Leiterelemente (3, 4) werden mittels zumindest einem um eine Drehachse (27) drehbar gelagerte Biegewerkzeug (25, 25'; 26, 26') in Richtung der Kreisumfangsrichtung des hohlzylindrischen Blechpakets (2) gebogen. Zudem werden die Längsenden (11, 12; 13, 14) der Leiterelemente (3, 4) durch radial in Richtung zur Drehachse (27) wirkende Kalibrierkräfte, welche von wenigstens einer Kalibriervorrichtung (28, 29) mit gesteuert verstellbaren, radial zur Drehachse (27) des zumindest einen Biegewerkzeuges (25, 25'; 26, 26') ausgerichteten Kalibrierfingern (30, 31) ausgeübt werden, in eine vordefinierte Radial-Sollposition gegenüber dem Blechpaket (2) verbracht.



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

Die Erfindung betrifft Verfahren und eine Vorrichtung zur automatisierten Herstellung eines Halbfabrikates eines Stators (1) einer elektrischen Maschine. Dabei wird ein im wesentlichen hohlzylindrisches Blechpaket (2) mit einer Mehrzahl von gestapelten, eine Hauptachse (6) definierenden Blechlamellen (2') bereitgestellt. Stabförmige Leiterelemente (3, 4) zum Aufbau einer elektrischen Wicklung stehen mit wenigstens einem ihrer Längsenden (11, 12; 13, 14) gegenüber dem ersten und/oder zweiten Stirnende (7, 8) des Blechpakets (2) vor, sodass sie an wenigstens einem der Stirnenden (7, 8) des Blechpakets (2) Leitungsüberstände (15, 16; 17, 18) gegenüber dem Blechpaket (2) ausbilden. Diese Leitungsüberstände (15, 16; 17, 18) der Leiterelemente (3, 4) werden mittels zumindest einem um eine **Drehachse (27) drehbar gelagerten Biegewerkzeug (25, 25'; 26, 26')** in Richtung der Kreisumfangsrichtung des hohlzylindrischen Blechpakets (2) gebogen. Zudem werden die Längsenden (11, 12; 13, 14) der Leiterelemente (3, 4) durch radial in Richtung zur Drehachse (27) wirkende Kalibrierkräfte, welche von wenigstens einer Kalibriervorrichtung (28, 29) mit gesteuert verstellbaren, radial zur Drehachse (27) des zumindest einen Biegewerkzeuges (25, 25', 26, 26') ausgerichteten Kalibrierfingern (30, 31) ausgeübt werden, in eine vordefinierte Radial-Sollposition gegenüber dem Blechpaket (2) verbracht.

Fig. 2b

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur automatisierten Herstellung eines Halbfabrikats eines Stators einer elektrischen Maschine, wie dies in den Ansprüchen 1 und 8 angegeben ist.

Aus der JP2003259613A ist ein Herstellungsverfahren für die elektrische Wicklung des Stators einer elektrischen Maschine bekannt. Dabei wird eine Vielzahl von im Wesentlichen U-förmig gebogenen Leiterelementen in die Aufnahmenuten des hohlzylindrischen Stator-Blechkpakets eingesteckt. Die auf einer der beiden Stirnseiten des Stator-Blechkpakets vorragenden Überstände der Schenkelenden der U-förmigen gebogenen Leiterelemente werden dann mittels konzentrisch angeordneter, scheibenförmiger Biegewerkzeuge entlang der Kreisumfangsrichtung des Stator-Blechkpakets gebogen, wobei in Radialrichtung des Stator-Blechkpakets unmittelbar aneinander angrenzende Überstände der Leiterelemente in entgegengesetzte Umfangsrichtungen gebogen werden, sodass gekreuzt verlaufende Leitungsüberstände entstehen. Durch selektives elektrisches Verbinden der Überstände der Leiterelemente wird wenigstens eine sich in Kreisumfangsrichtung des Stator-Blechkpakets erstreckende Wicklung erzeugt. Dieses Herstellungsverfahren ist nur bedingt automatisiert umsetzbar bzw. nur mit relativ hohem technischen Aufwand und nur unter Einhaltung enger Toleranzen der U-förmig gebogenen Leiterelemente automatisierbar.

In der US 2,270,472 A ist ein Verfahren und eine Maschine zur Herstellung des Rotors einer elektrischen Maschine offenbart. Die Wicklung des Rotors ist dabei als Stabwicklung mit überkreuzten Leitungsenden zum Anschließen an den Kommutator des Rotors ausgeführt. Auch dieses Verfahren ist hinsichtlich der erzielbaren Produktions-Taktzeiten nur bedingt zufriedenstellend.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, mit denen eine möglichst funktionsstabile, präzise und schnelle Herstellung von Statoren für elektrische Maschinen ermöglicht ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß den Ansprüchen gelöst.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine automatisierte oder zumindest teilautomatisierte Herstellung eines Stators einer elektrischen Maschine ermöglicht bzw. kann dadurch zumindest ein entsprechendes Halbfabrikat bzw. Zwischenprodukt erzeugt werden. Gemäß einem der Verfahrensschritte des Herstellungsverfahrens wird ein im wesentlichen hohlzylindrisches Blechpaket mit einer Mehrzahl von gestapelten, eine Hauptachse definierenden Blechlamellen bereitgestellt. Das Blechpaket weist eine Mehrzahl von in dessen Kreisumfangsrichtung verteilt angeordnete, sich zwischen einem ersten und zweiten axialen Stirnende des Blechpakets erstreckende Aufnahmenuten für Leitungsabschnitte einer elektrischen Wicklung auf.

Die Leiterelemente stehen mit wenigstens einem ihrer Längsenden gegenüber dem ersten und/oder zweiten Stirnende des Blechpakets vor und bilden so an wenigstens einem der Stirnenden des Blechpakets Leitungsüberstände gegenüber dem Blechpaket aus.

In einem weiteren Verfahrensschritt werden die Leitungsüberstände der Leiterelemente mittels zumindest einem um eine Drehachse drehbar gelagerten Biegewerkzeug in Richtung der Kreisumfangsrichtung des hohlzylindrischen Blechpakets gebogen.

Weiters werden die Längsenden der Leiterelemente durch radial in Richtung zur Drehachse wirkende Kalibrierkräfte, welche von wenigstens einer Kalibriervorrichtung mit gesteuert verstellbaren, radial zur Drehachse des zumindest einen Biegewerkzeuges ausgerichteten Kalibrierfingern ausgeübt werden, in eine vordefinierte Radial-Sollposition gegenüber dem Blechpaket verbracht.

Vorteilhaft ist bei den hier gewählten Verfahrensschritten, dass der Biege- und Kalibriervorgang für die Längs- bzw. Leiterenden der stabförmigen Leiterelemente kombiniert erfolgt bzw. in einer baulich kombinierten Biege- und Kalibriervorrichtung umgesetzt wird. Während nämlich die drehbar gelagerten Biegewerkzeuge für die plastische Biegung bzw. Umformung der Leiterenden entlang der Kreisumfangsrichtung des Blechpakets zuständig sind, sind die translatorisch verstellbaren Kalibrierfinger der zumindest einen Kalibriervorrichtung für die Verbringung der Leiterenden bzw. Längsenden der Leiterelemente in deren Radial-Sollposition bzw. möglichst nahe zu deren Radial-Sollposition gegenüber dem Blechpaket vorgesehen.

Vorteilhaft sind auch die Maßnahmen gemäß Anspruch 2, da dadurch eine prozesssichere und zugleich besonders präzise Positionierung der Längsenden der Leiterelemente an den jeweiligen Soll-Positionen gegenüber dem Blechpaket erzielbar ist. Insbesondere werden dadurch die Längsenden der Leiterelemente mittels den Biegewerkzeugen an den jeweiligen Umfangs-Sollpositionen noch gehalten, während die Kalibriervorrichtung bzw. deren Kalibrierfinger die Längsenden der Leiterelemente in die jeweilige Radial-Sollposition drücken bzw. drängen.

Von Vorteil sind auch die Maßnahmen gemäß Anspruch 3, da dadurch ausreichend hohe Kalibrierkräfte aufgebaut bzw. ausgeübt werden können, um die jeweiligen Soll-Positionen der Längsenden der Leiterelemente auch bei relativ kurzen Leitungsüberständen aufbauen zu können. Durch den im Innenkreis der Leiterelemente angeordneten bzw. anordenbaren Stützdorn, welcher insbesondere scheibenförmig ausgeführt sein kann, ist ein präzises, stabiles und baulich einfaches Widerlager bzw. ein definierter Begrenzungsanschlag für die in Richtung zur Hauptachse des Blechpakets gedrängten Längsenden der Leiterelemente erzielbar.

Durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 4 wird ein einfaches Einbringen bzw. Einführen des Stützdorns in die Ringanordnung bzw. in die innerste Schicht aus Leiterelementen ermöglicht. Zudem können dadurch die Leiterelemente im Zuge des Kalibriervorganges ausreichend weit in Richtung zur Hauptachse des Blechpakets gedrängt werden, sodass sie aufgrund von elastischer Rückfederung nach

Wegfall der Kalibrierkräfte an der plangemäßen Radial-Sollposition bzw. näher zur plangemäßen Radial-Sollposition vorliegen.

Zweckmäßig sind auch die Maßnahmen gemäß Anspruch 5, weil dadurch im Zuge der Einbringung des Stützdorns eine zumindest geringfügige Aufweitung bzw. Aufspreizung der Leitungsüberstände relativ zum Blechpaket vorgenommen werden kann. Insbesondere können dadurch die Längsenden der innersten Schicht bzw. der inneren Schichten in Richtung zu den Längsenden der äußersten Schicht bzw. äußeren Schichten angenähert werden. Insbesondere kann dadurch in einfacher Art und Weise eine Kalibrierkraft auf die Längsenden der Leiterelemente ausgeübt werden, welche in Bezug auf die Hauptachse des Blechpakets radial nach außen wirkt.

Bei den Maßnahmen gemäß Anspruch 6 ist von Vorteil, dass die auf das Blechpaket einwirkenden Kräfte bzw. Drehmomente im Zuge des Biegevorganges der Leitungsüberstände relativ gering gehalten werden können. Insbesondere die auf eine Haltevorrichtung für das Blechpaket einwirkenden Kräfte können dadurch in einfacher und effektiver Art und Weise möglichst gering gehalten werden. In weiterer Folge können dadurch auch die Halte- bzw. Spannkkräfte, welche auf das Blechpaket bzw. auf dessen Blechlamellen einwirken müssen, relativ niedrig gehalten werden.

Ein Vorteil der Maßnahmen gemäß Anspruch 7 liegt darin, dass die auf die Biegevorrichtung einwirkenden Kräfte mit baulich relativ einfachen Mitteln aufgenommen werden können, insbesondere in Bodenabschnitte abgeleitet werden können. Vor allem im Vergleich zu vertikal ausgerichteten Dreh- bzw. Hauptachsen können dadurch vergleichsweise einfachere und schlankere Maschinenkörper aufgebaut werden. Ein weiterer Vorteil der angegebenen Maßnahmen liegt darin, dass die Gewichtskraft des Blechpakets zumindest annähernd gleichmäßig verteilt auf beide Biege- bzw. Kalibriervorrichtungen einwirkt.

Unabhängig von den angegebenen Verfahrensmaßnahmen wird die Aufgabe der Erfindung auch durch eine Vorrichtung zum automatisierten Herstellen eines Halbfabrikates eines Stators einer elektrischen Maschine gelöst.

Diese Vorrichtung weist einen Tragrahmen zur Halterung von zumindest einem um eine Drehachse drehbar gelagerten Biegewerkzeug auf, wobei das zumindest eine Biegewerkzeug hohlzylindrisch oder topfförmig ausgeführt ist und an einer Stirnseite seines hohlzylindrischen Abschnittes eine Vielzahl von in dessen Kreisumfangsrichtung verteilt angeordneter, radial zur Drehachse verlaufender Mitnehmerstege aufweist. Zwischen den in Kreisumfangsrichtung aufeinander folgenden Mitnehmerstegen sind jeweils Freiräume ausgebildet, welche Freiräume zur Aufnahme von Teilabschnitten oder Längsenden von mit dem Biegewerkzeug zu biegenden Leiterelementen vorgesehen sind.

Zudem ist zumindest ein Bewegungsantrieb für das zumindest eine drehbar gelagerte Biegewerkzeug implementiert, wobei wenigstens eine elektronische Steuervorrichtung zur gesteuerten Aktivierung des zumindest einen Bewegungsantriebes ausgebildet ist.

Wesentlich ist dabei, dass das zumindest eine Biegewerkzeug an dessen Außenumfang von zumindest einer Kalibriervorrichtung umgeben ist. Diese zumindest eine Kalibriervorrichtung umfasst eine Mehrzahl von radial zur Drehachse des zumindest einen Biegewerkzeuges ausgerichtete Kalibrierfinger. Diese Kalibrierfinger sind mittels wenigstens einer Stellvorrichtung in Richtung zur Drehachse und in Richtung weg von der Drehachse verstellbar.

Die damit erzielbaren technischen Wirkungen und vorteilhaften Effekte sind den vorhergehenden und den nachstehenden Beschreibungsteilen entnehmbar.

Zweckmäßig sind auch die Maßnahmen gemäß Anspruch 9, da dadurch die wenigstens eine Kalibriervorrichtung rings um das zumindest eine Biegewerkzeug angeordnet werden kann. Dadurch kann der Kalibriervorgang ausgeführt werden, ohne dass das Blechpaket aus der Biegevorrichtung entnommen werden müsste, oder an einen anderen Ort übergeben werden müsste. Dadurch kann die Präzision und auch die Durchsatzgeschwindigkeit der Fertigungsanlage gesteigert werden.

Bei den Maßnahmen nach Anspruch 10 ist von Vorteil, dass dadurch eine zuverlässige und zugleich möglichst präzise Radial-Kalibrierung der Leiterenden in Bezug auf das Blechpaket erzielbar ist. Darüber hinaus können aufgrund der simultan ausführbaren Kalibrierbewegungen gegenüber allen im Blechpaket vorhandenen Leiterelementen möglichst kurze Taktzeiten erzielt werden. Zudem kann dadurch ein wechselweiser Biege- und Kalibriervorgang ohne nennenswerte Verzögerungen bzw. Pausen ausgeführt werden.

Ein Vorteil der Maßnahmen gemäß Anspruch 11 liegt darin, dass dadurch möglichst kostengünstiger und dennoch ausreichend leistungsfähiger Verstellantrieb für die Kalibriervorrichtung implementiert ist. Auch die steuerungstechnischen Anforderungen können durch die angegebenen Maßnahmen relativ gering gehalten werden.

Vorteilhaft sind auch die Merkmale gemäß Anspruch 12, da dadurch ein strukturelles Modul bzw. eine gemeinsame Baueinheit geschaffen ist, in welcher die Biegevorrichtung und auch die Kalibriervorrichtung integriert sind. Insbesondere ist dadurch ein Umspannen bzw. Übergeben des Blechpakets mit den Leiterelementen zwischen einer Biegevorrichtung und einer Kalibriervorrichtung nicht notwendig, wodurch unter anderem eine höhere Präzision und verbesserte Taktzeiten erzielbar sind.

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

Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

- Fig. 1 ein hohlzylindrisches Blechpaket mit einer Mehrzahl von darin aufgenommen, geradlinigen Leiterelementen in deren noch nicht gebogenen Zustand, in schaubildlicher Darstellung;
- Fig. 2a einzelne Verfahrensschritte zur Herstellung eines Stators einer elektrischen Maschine;

- Fig. 2b eine Vorrichtung zum Biegen der gegenüber einem Blechpaket vorstehenden Leiterabschnitte und ein mit dieser Vorrichtung hergestelltes Stator-Halbfabrikat mit gebogenen, gegenüber dem Blechpaket vorstehenden Leiterabschnitten;
- Fig. 3 zwei einander gegenüberliegende Einheiten von kombinierten Biege- und Kalibriervorrichtungen für die automatisierte Herstellung eines Stator-Halbfabrikats;
- Fig. 4 die Kalibriervorrichtung gemäß Fig. 3 in vergrößerter Darstellung;
- Fig. 5 die Biegevorrichtung gemäß Fig. 3 in vergrößerter Darstellung;
- Fig. 6 einen Teilbereich der Kalibriervorrichtung nach Fig. 4.

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.

Der Begriff „insbesondere“ wird nachfolgend so verstanden, dass es sich dabei um eine mögliche speziellere Ausbildung oder nähere Spezifizierung eines Gegenstands oder eines Verfahrensschritts handeln kann, aber nicht unbedingt eine zwingende, bevorzugte Ausführungsform desselben oder eine zwingende Vorgehensweise darstellen muss.

In der Fig. 1 ist eine mögliche Ausbildung eines Stators 1 zur Bildung einer nicht näher dargestellten elektrischen Maschine gezeigt.

Die Montage und eine Vielzahl von Fertigungsschritten des Stators 1 können bevorzugt in einer komplexen Fertigungsanlage automatisiert in mehreren Ferti-

gungsstationen zumeist auch vollautomatisch durchgeführt werden. Im nachfolgenden sind nicht alle der insgesamt erforderlichen Prozess- bzw. Fertigungsschritte zur Schaffung eines einsatzfertigen Stators 1 beschrieben, wobei die zusätzlich erforderlichen Fertigungsschritte dem Stand der Technik entnommen werden können.

Grundsätzlich umfasst der Stator 1 ein Blechpaket 2 sowie eine Vielzahl von darin aufzunehmenden Leiterelementen 3, 4 zur Bildung von elektrischen Spulen bzw. Wicklungen und zum Erzeugen eines magnetischen Drehfeldes infolge einer Strombeaufschlagung der Spulen bzw. Wicklungen.

Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die einzelnen Leiterelemente 3, 4 in ihrer unverformten Ausgangslage gezeigt, in welcher sie als gerade Stäbe ausgebildet sind. Die Stäbe weisen üblicher Weise einen rechteckigen Querschnitt bis hin zu einem quadratischen Querschnitt sowie eine Längserstreckung auf und sind aus einem elektrisch leitenden Werkstoff gebildet. Zumeist handelt es sich dabei um einen Kupferwerkstoff. Daher können die Leiterelemente 3, 4 auch als Profilstäbe bezeichnet werden und die damit aufgebaute elektrische Wicklung kann als Stabwicklung bezeichnet werden.

Zur Bildung von elektrischen Spulen bzw. von daraus gebildeten Wicklungen sind im Blechpaket 2 über den Umfang verteilt eine Vielzahl von Aufnahmenuten 5 angeordnet oder ausgebildet, in welchen jeweils zumindest eines der Leiterelemente 3, 4, bevorzugt aber zumindest zwei der Leiterelemente 3, 4, aufgenommen oder angeordnet ist oder sind. Die Aufnahmenuten 5 können sich in Axialrichtung des Blechpakets 2 in einer parallelen Ausrichtung bezüglich einer vom Blechpaket 2 definierten Hauptachse 6 erstrecken. Es wäre aber auch möglich, eine bezüglich der Hauptachse 6 nicht parallele Anordnung der Aufnahmenuten 5 mit den darin aufzunehmenden Leiterelementen 3, 4 zu wählen. Jedenfalls erstrecken sich die Aufnahmenuten 5 in Richtung der Hauptachse 6 jeweils zwischen dem ersten Stirnende 7 und dem davon beabstandet angeordneten zweiten Stirnende 8 des Blechpakets 2.

Die Aufnahmenuten 5 weisen jeweils einen an die Querschnittsabmessung des Leiterelements 3, 4 oder bei mehreren in der gleichen Aufnahmenut 5 aufgenommenen Leiterelementen 3, 4 jeweils einen an die Querschnittsabmessungen daran angepassten Aufnahmenut-Querschnitt auf. Die Leiterelemente 3, 4 je Aufnahmenut 5 können dabei – wie beispielhaft dargestellt – in radialer Richtung zur Hauptachse 6 hintereinander angeordnet sein. Es ist aber auch eine matrix- bzw. arrayförmige, insbesondere eine reihen- und spaltenartige Anordnung von Leiterelementen 3, 4 in den einzelnen Aufnahmenuten 5 möglich.

Das Blechpaket 2 ist aus einer Vielzahl von elektrisch gegeneinander isolierten Einzelblechen oder Blechlamellen 2' zu dem Paket zusammengesetzt. Das Blechpaket 2 ist in Richtung seiner Hauptachse 6 durch die erste Stirnfläche an seinem ersten Stirnende 7 und durch die davon beabstandet angeordnete zweite Stirnfläche an seinem zweiten Stirnende 8 begrenzt. Bevorzugt sind die beiden Stirnflächen bzw. Stirnenden 7, 8 zueinander parallel sowie in einer in Normalrichtung bezüglich der Hauptachse 6 ausgerichteten Ebene verlaufend angeordnet. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel eines Stators 1 einer elektrischen Maschine bildet das Blechpaket 2 aus den übereinander gestapelten Einzelblechen bzw. Blechlamellen 2' einen Hohlzylinder mit einer im Wesentlichen zylindrischen Innenfläche und einer zylindrischen Außenfläche aus.

Wie vorstehend bereits ausgeführt, ist in jeder der Aufnahmenuten 5 zumindest eines der Leiterelemente 3, 4 angeordnet. Es können aber auch mehrere, insbesondere zwei, drei, vier, fünf, sechs oder auch mehr Leiterelemente 3, 4 pro Aufnahmenut 5 vorgesehen sein. Insbesondere können auch acht, zehn, zwölf oder mehr Leiterelemente 3, 4 in jeder der Aufnahmenuten 5 aufgenommen sein. Als Minimalvariante kann nur ein Leiterelement 3 vorgesehen sein, wobei jedoch bei diesem Ausführungsbeispiel in jeweils einer Aufnahmenut 5 zwei Leiterelemente 3, 4 dargestellt und beschrieben sind. So bilden die in radialer Richtung innenliegend angeordneten Leiterelemente 3 eine erste Schicht 9 und die in radialer Richtung außenliegend angeordneten Leiterelemente 4 eine zweite Schicht 10 aus. Einzelne bzw. einige wenige der Aufnahmenuten 5 können auch leer bleiben bzw. ohne darin eingesetzter Leiterelemente 3, 4 ausgeführt sein.

Die stabförmig ausgebildeten, im Ursprungszustand vorzugsweise geradlinig verlaufenden Leiterelemente 3 und 4 weisen jeweils ein erstes Längsende 11, 12 und jeweils ein hierzu gegenüberliegendes zweites Längsende 13, 14 auf. Bei diesem Ausführungsbeispiel ragen die ersten Längsenden 11, 12 über das erste Stirnende 7 vor und die zweiten Längsenden 13, 14 ragen über das zweite Stirnende 8 des Blechpakets 2 vor. Die Leiterelemente 3, 4 bilden somit gegenüber dem ersten Stirnende 7 erste Leitungsüberstände 15, 16 und gegenüber dem zweiten Stirnende 8 zweite Leitungsüberstände 17, 18 aus.

Die im Blechpaket 2 in den einzelnen Aufnahmenuten 5 aufgenommenen und im Ausgangszustand noch unverformten Leiterelemente 3, 4 werden im Bereich jedes der beiden Stirnenden 7, 8 des Blechpakets 2 an deren Längsenden 11, 12; 13, 14 bzw. in Bezug auf deren Leitungsüberstände 15, 16; 17, 18 in einem nachfolgenden Fertigungsschritt gegeneinander verschränkt bzw. entlang der Kreisumfangsrichtung des Blechpakets 2 gebogen. Anschließend werden Längsenden 11 der ersten oder inneren Schicht 9 selektiv mit dazu korrespondierenden Längsenden 12 der zweiten oder äußeren Schicht 10 elektrisch leitend verbunden. Gleiches kann bevorzugt auch mit den jeweils zweiten Längsenden 13, 14 im Bereich des zweiten Stirnendes 8 des Blechpakets 2 durchgeführt werden.

In bekannter Weise können die Leiterelemente 3, 4 mit Ausnahme von daran ausgebildeten, gegenseitigen Kontaktbereichen mit einer elektrischen Isolationsschicht 19 versehen bzw. umgeben sein. Diese Isolationsschicht 19 an der Mantelfläche der stabförmigen Leiterelemente 3, 4 ist vorzugsweise aus Kunststoff gebildet und kann in einem vorausgegangenen Lackier- bzw. Tauchprozess aufgebracht worden sein. Weiters kann es vorteilhaft sein, wenn die einzelnen Leiterelemente 3, 4 zusätzlich zu deren elektrischer Isolationsschicht 19 innerhalb der Aufnahmenuten 5 auch noch von einem baulich eigenständigen, hohlprofilartigen Isolationselement 20 bevorzugt vollumfänglich umgeben sind.

Die Beschickung oder das Einbringen der einzelnen Leiterelemente 3, 4 in die jeweiligen Aufnahmenuten 5 kann schrittweise oder taktweise erfolgen, wobei sich das Blechpaket 2 dabei mit seiner Hauptachse 6 bevorzugt in einer horizontalen

Ausrichtung befindet. Da die typischerweise noch unverformten, ursprünglich geradlinig bzw. stabförmig ausgebildeten Leiterelemente 3, 4 längsverschieblich in den jeweiligen Aufnahmenuten 5 aufgenommen sind, ist bei der Übergabe an eine nachfolgende Bearbeitungsstation oder Fertigungsstation auf die relative Lage der Leiterelemente 3, 4 bezüglich des Blechpakets 2 Bedacht zu nehmen oder eine vordefinierte relative Lage der Leiterelemente 3, 4 gegenüber dem Blechpaket 2 sicher zu stellen.

In einem bevorzugt vor der Übergabe oder Weitergabe an die nachfolgende Bearbeitungs- oder Fertigungsstation durchzuführenden Positionierschritt können die Leiterelemente 3, 4 in Axialrichtung bezüglich einer der Stirnenden 7, 8 des Blechpakets 2 noch ausgerichtet werden. Dies kann z.B. dadurch erfolgen, dass das Blechpaket 2 mitsamt den darin bereits aufgenommenen Leiterelementen 3, 4 von seiner bevorzugt horizontalen Beschickungslage in eine vertikale Positionierlage, bei welcher die Hauptachse 6 des Blechpakets 2 eine vertikale Längsausrichtung aufweist, umgelegt wird. Das Blechpaket 2 kann auf einem Positionieransatz abgestützt werden, wobei die Leiterelemente 3, 4 bevorzugt schwerkraftbedingt in den einzelnen Aufnahmenuten 5 bis zu einem bevorzugt umlaufend ausgebildeten Positionierelement mit einem ihrer Längsenden 11, 12 oder 13, 14 zur Anlage kommen. Der Abstand zwischen dem Positionieransatz und dem Positionierelement ist entsprechend dem benötigten bzw. vorgegebenen Überstand der Enden der Leiterelemente 3, 4 über eines der Stirnenden 7, 8 des Blechpakets 2 zu wählen. Diese Transportstellung kann z.B. auf einem zwischen einzelnen der Arbeitsstationen verfahrbaren Werkstückträger eingenommen werden.

Mit den nachfolgend angeführten Verfahrensschritten, wie sie auch in den Fig. 2a und 2b schematisch dargestellt wurden, kann eine automatisierte oder zumindest teilweise automatisierte Herstellung zumindest eines Halbfabrikats des gattungsgemäßen Stators 1 für elektrische Maschinen erzielt werden. Die entsprechenden Verfahrensschritte ergeben also ein Halb- bzw. Zwischenfabrikat eines Stators 1, welches Halbfabrikat durch weitere Verfahrensmaßnahmen zu ergänzen bzw. zu komplettieren ist.

In einem initialen Schritt wird dabei ein im wesentlichen hohlzylindrisches Blechpaket 2 mit einer Mehrzahl von übereinander gestapelten, eine Hauptachse 6 definierenden Blechlamellen 2' bereitgestellt. Dieses Blechpaket 2 weist eine Mehrzahl von in Kreisumfangsrichtung verteilt angeordneten, sich zwischen dem ersten axialen Stirnende 7 und dem zweiten axialen Stirnende 8 des Blechpaketes 2 erstreckender Aufnahmenuten 5 für Leitungsabschnitte einer herzustellenden elektrischen Wicklung auf. Bei der dargestellten Ausführungsform mit einem feststehend ausgeführten Stator 1 einer elektrischen Maschine bzw. eines elektrischen Antriebsmotors ist das Blechpaket 2 als hohlzylindrischer Körper ausgeführt. Allerdings kann auch ein Stator mit einer im wesentlichen zylindrischen Körperform ausgeführt sein, wobei die entsprechende elektrische Maschine bzw. der demgemäße Antriebsmotor sodann als sogenannter Außenläufermotor mit einem hohlzylindrischen Rotor ausgeführt ist.

Zudem wird eine Mehrzahl von stabförmigen Leiterelementen 3, 4 bereitgestellt, welche im Ausgangs- bzw. Urzustand, insbesondere in ihrem Einfügestand gegenüber dem Blechpaket 2, eine geradlinige bzw. überwiegend geradlinige Form besitzen, insbesondere eine Stabform aufweisen. Diese stabförmigen Leiterelemente 3, 4 können dabei in Abhängigkeit des Verlaufes der Aufnahmenuten 5 auch helixartig bzw. schraubkonturförmig ausgeführt sein, was insbesondere bei sogenannten schräggenuteten Blechpaketen 2 bzw. Statoren 1 oder Rotoren der Fall ist. Die stabförmigen Leiterelemente 3, 4 weisen jeweils ein erstes Längsende 11, 12 und ein distal gegenüberliegendes, zweites Längsende 13, 14 auf. Diese Mehrzahl an stabförmigen Leiterelementen 3, 4 sind durch vordefinierte elektrische Verschaltungen bzw. durch nachfolgend noch herzustellende Verbindungen zum Aufbau der elektrischen Wicklung des Stators 1 vorgesehen. Eine Länge 21 der stabförmigen Leiterelemente 3, 4 ist dabei größer als eine axiale Länge 22 des Blechpakets 2.

In einem vorzugsweise automatisiert ausgeführten Verfahrensschritt werden die stabförmigen Leiterelemente 3, 4 paarweise oder auch gruppenweise, insbesondere in einem Mehrfachen von zwei Stück, in vorzugsweise jede der Aufnahmenuten 5 eingebracht. Es ist aber auch möglich, dass einzelne der Aufnahmenuten 5

weniger Leiterelemente 3, 4 aufweisen, oder dass einzelne Aufnahmenuten 5 keine Leiterelemente 3, 4 aufweisen. Im mittleren Abschnitt von Fig. 2a ist ein zum Teil ausgeführter Einfügeprozess der Leiterelemente 3, 4 ersichtlich bzw. wurden der Einfachheit wegen nur einzelne der in das Blechpaket 2 einzuschiebenden Leiterelemente 3, 4 dargestellt. Das Einbringen der im Wesentlichen geradlinigen bzw. ungebogenen, stabförmigen Leiterelemente 3, 4 in die Aufnahmenuten erfolgt dabei ausgehend vom ersten oder zweiten axialen Stirnende 7, 8 des Blechpakets 2. Es ist aber auch eine kombinierte Einfügung einzelner Leiterelemente 3, 4 ausgehend vom ersten Stirnende 7 und einzelner Leiterelemente 3, 4 ausgehend vom gegenüberliegenden, zweiten Stirnende 8 des Blechpakets 2 möglich. Der Einschiebe- bzw. Einfüge-Prozess wird also in axialer Richtung zum Blechpaket 2 ausgeführt, das heißt eben nicht in radialer Richtung zur Hauptachse 6 des Blechpakets 2. Insbesondere weisen die Aufnahmenuten 5 in der Regel eine Verjüngung des lichten Querschnitts bzw. der lichten Breite in ihrem der Hauptachse 6 nächstliegend zugeordneten Abschnitt auf. Dieser Abschnitt bzw. dieses Ende der Aufnahmenuten 5 ist also relativ schmal bzw. eng ausgebildet, aber dennoch offen ausgeführt, insbesondere unterbrochen ausgebildet, wie dies aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannt und aus Fig. 2a beispielhaft ersichtlich ist.

In einem nachfolgenden Verfahrensschritt werden die in die Aufnahmenuten 5 eingebrachten, stabförmigen Leiterelemente 3, 4 derart positioniert, dass deren erste und zweite Längsenden 11, 12; 13, 14 gegenüber dem ersten und zweiten Stirnende 7, 8 des Blechpakets 2 jeweils vorstehen. Diese vorstehenden Teilabschnitte der Leiterelemente 3, 4 definieren jeweils erste und zweite Leitungsüberstände 15, 16; 17, 18 gegenüber dem ersten und zweiten Stirnende 7, 8 des Blechpakets 2. Einzelne Leiterelemente 3, 4 können dabei eine vergleichsweise größere Länge 21 aufweisen, als andere Leiterelemente 3, 4 innerhalb der zu bildenden elektrischen Wicklung. Die vergleichsweise länger ausgeführten Leiterelemente 3, 4 können dabei insbesondere zur Bildung von Wicklungsanschlüssen bzw. Anschlusszonen vorgesehen sein. Nach dem Einbringen und Positionieren der Leiterelemente 3, 4 entsprechend dem gewünschten elektrischen Wicklungskonzept, erfolgt ein definiertes Biegen bzw. Kröpfen der ersten und zweiten Leitungsüber-

stände 15, 16 bzw. 17, 18 der stabförmigen Leiterelemente 4, 5 in Umfangsrichtung des Blechpakets 2. Insbesondere werden so der erste und zweite Wicklungskopf 23, 24 - Fig. 2b - der elektrischen Wicklung des Stators 1 bzw. Rotors in ihrer grundlegenden Geometrie bzw. Form definiert.

Entsprechend einer zweckmäßigen Maßnahme ist dabei im Zuge dieses Biege- bzw. Umformprozesses gegenüber den ursprünglich geradlinig oder weitgehend geradlinig aus dem Blechpaket 2 herausragenden Leitungsüberstände 15, 16 bzw. 17, 18 **vorgesehen, dass zumindest ein erstes Biegewerkzeug 25, 25' an den ersten Längsenden 11, 12 der Leiterelemente 3, 4 angebracht bzw. angesetzt wird.** Zusätzlich, insbesondere im Wesentlichen zeitgleich oder zeitlich geringfügig versetzt, **wird zumindest ein zweites Biegewerkzeug 26, 26' zumindest an einzelnen der zweiten Längsenden 13, 14 der Leiterelemente 3, 4 angebracht bzw. angesetzt, wie dies insbesondere in Fig. 2b grob veranschaulicht ist.** Das **zumindest eine erste Biegewerkzeug 25, 25' und das zumindest eine zweite Biegewerkzeug 26, 26' können dabei in an sich bekannter Weise formschlüssig wirkende Aufnahmetaschen bzw. Mitnehmerelemente für die Längsenden 11, 12; 13, 14 bzw. Stirnenden der Leiterelemente 3, 4 aufweisen.** Es ist aber ebenso möglich, dass die **Biegewerkzeuge 25, 25', 26, 26' primär auf einem Reibschlussprinzip basieren bzw. auf einem sonstigen Mitnehmerprinzip zur kontrollierten, plastischen Umformung der Leiterelemente 3, 4 beruhen.**

Insbesondere werden die Leitungsüberstände 15, 16; 17, 18 der Leiterelemente 3, 4 mittels dem zumindest einen um eine Drehachse 27 drehbar gelagerten Biegewerkzeug 25, 25'; 26, 26' in Richtung der Kreisumfangsrichtung des hohlzylindrischen Blechpakets 2 gebogen.

In effektiver Art und Weise kann das zumindest eine erste Biegewerkzeug 25, 25' und/oder das zumindest eine zweite Biegewerkzeug 26, 26' auch dazu genutzt werden, dass diese die jeweils zugeordneten Längsenden 11, 12; 13, 14 oder Leitungsüberstände 15, 16; 17, 18 der Leiterelemente 3, 4 in Axialrichtung des Blechpakets 2 in den Aufnahmenuten 5 verschieben und plangemäß bzw. an der jeweiligen Sollposition relativ zu den Stirnenden 7, 8 des Blechpakets 2 positionieren.

Wesentlich ist, dass wenigstens eine Kalibriervorrichtung 28, 29 ausgebildet ist, mit welcher die Längsenden 11, 12; 13, 14 der Leiterelemente 3, 4 unmittelbar nach dem Biegevorgang entlang der Umfangsrichtung des Blechpakets 2 auch noch durch radial in Richtung zur Drehachse 27 wirkende Kalibrierkräfte in eine vordefinierte Radial-Sollposition gegenüber dem Blechpaket 2 verbracht bzw. gedrückt werden, wie dies am besten einer Zusammenschau der Fig. 3 bis 6 zu entnehmen ist. Die Kalibrierkräfte der Kalibriervorrichtung 28, 29 werden dabei von gesteuert bzw. aktiv verstellbaren, radial zur Drehachse 27 des zumindest einen Biegewerkzeuges 25, 25', 26, 26' ausgerichteten Kalibrierfingern 30, 31 ausgeübt.

Insbesondere ist es zweckmäßig, wenn die via die Kalibrierfinger 30, 31 aufbrachten Kalibrierkräfte gegenüber den Längsenden 11, 12; 13, 14 der Leiterelemente 3, 4 ausgeübt werden, während das zumindest eine Biegewerkzeug 25, 25'; 26, 26' mit den Längsenden 11, 12; 13, 14 der Leiterelemente 3, 4 noch in Kontakt oder noch in formschlüssigen Eingriff steht. Insbesondere sind während dieses Kalibriervorganges die Längsenden 11, 12; 13, 14 der Leiterelemente 3, 4 von dem zumindest einen Biegewerkzeug 25, 25', 26, 26' in ihrem Soll-Versatzwinkel oder in unmittelbarer Nähe zu ihrem Soll-Versatzwinkel relativ zum Blechpaket 2 positioniert gehalten bzw. in Radialrichtung zur Drehachse 27 geführt.

Typischerweise sind je Aufnahmenut 5 zwei oder mehr in radialer Richtung zur Hauptachse 6 aneinander gereihte Leiterelemente 3, 4 zur Bildung von zwei oder mehr konzentrischen Schichten 9, 10 aus Leiterelementen 3, 4 im Blechpaket 2 vorgesehen. Zweckmäßig kann es dabei sein, wenn die einander gegenüber liegenden Längsenden 11, 13 der Leiterelemente 3 innerhalb der radial inneren Schicht 9 mittels den zugeordneten Biegewerkzeugen 25', 26' gleichzeitig oder zumindest phasenweise gleichzeitig in Bezug auf die Kreisumfangsrichtung des Blechpakets 2 gegensinnig gebogen bzw. verdreht werden, und/oder wenn gleichzeitig oder zumindest phasenweise gleichzeitig die einander gegenüber liegenden Längsenden 12, 14 der Leiterelemente 4 der unmittelbar benachbarten, radial äußeren Schicht 10 mittels den zugeordneten, weiteren Biegewerkzeugen 25, 26 um einen definierten Drehwinkel in Bezug auf die Kreisumfangsrichtung des Blechpakets 2 gegensinnig gebogen bzw. verdreht werden.

Gemäß einer vorteilhaften Maßnahme kann auch vorgesehen sein, dass die Hauptachse 6 des Blechpakets 2 in eine horizontale Orientierung verbracht wird bzw. dass eine horizontale Orientierung der Hauptachse 6 des Blechpakets 2 beibehalten wird, bevor der Biegevorgang respektive während der Biegevorgang der ersten und zweiten Längsenden 11, 12; 13, 14 bzw. der ersten und zweiten Leitungsüberstände 15, 16; 17, 18 der Leiterelemente 3, 4 ausgeführt wird.

Wie am besten aus den Fig. 6 bzw. aus einer Zusammenschau der Fig. 4, 5 ersichtlich ist, ist das zumindest eine Biegewerkzeug **25, 25', 26, 26'** an dessen Außenumfang von einer jeweils zugeordneten Kalibriervorrichtung 28, 29 umgeben. Wie weiters am besten der Fig. 4 entnehmbar ist, umfasst die Kalibriervorrichtung 28, 29 eine Mehrzahl von radial zur Drehachse 27 des zumindest einen Biegewerkzeuges **25, 25', 26, 26'** ausgerichteter Kalibrierfinger 30, 31. Diese Kalibrierfinger 30, 31 sind mittels wenigstens einer Stellvorrichtung 32, 33 in radialer Richtung zur Drehachse 27 und in radialer Richtung weg von der Drehachse 27 verstellbar.

Die zumindest eine Stellvorrichtung 32, 33 für die Kalibrierfinger 30, 31 kann durch wenigstens einen Linearantrieb 34, 35, insbesondere durch eine Mehrzahl von Arbeitszylindern gebildet sein. Die Stellvorrichtung 32, 33 wirkt dabei derart auf eine Mehrzahl von Kulissenführungen 36, 37 ein, dass die Kalibrierfinger 30, 31 in radialer Richtung zur Drehachse 27 und in radialer Richtung weg von der Drehachse 27 bewegbar sind.

Die Kalibriervorrichtung 28, 29 weist wenigstens einen Tragkörper 38, 39 mit einer zentral angeordneten, kreisrunden Freistellung 40 auf, welche Freistellung 40 einen Durchmesser 41 aufweist, der größer bemessen ist als ein Außendurchmesser 42 des zumindest einen darin aufgenommenen bzw. aufnehmbaren Biegewerkzeuges **25, 25', 26, 26'**.

Das zumindest eine Biegewerkzeug **25, 25', 26, 26'** ist **bevorzugt** – wie am besten aus Fig. 5 ersichtlich ist – hohlzylindrisch oder topfförmig ausgeführt. An einer von dessen Drehlagerung bzw. Antriebswelle vorkragenden Stirnseite 43 seines hohl-

zylindrischen Abschnittes 44 sind eine Vielzahl von in dessen Kreisumfangsrichtung verteilt angeordneter, radial zur Drehachse 27 verlaufender Mitnehmerstege 45 ausgebildet. Zwischen den in Kreisumfangsrichtung aufeinander folgenden Mitnehmerstegen 45 sind jeweils Freiräume 46 bzw. Mitnehmerlücken ausgebildet. Diese Freiräume 46 bzw. Mitnehmerlücken – welche in Art von Zahnlücken eines Zahnrades ausgeführt sind – sind zur bevorzugt formschlüssigen Aufnahme von Teilabschnitten oder Längsenden 11, 12; 13, 14 von mit dem Biegewerkzeug 25, 25'; 26, 26' zu biegenden Leiterelementen 3, 4 vorgesehen.

Die Mitnehmerstege 45 können dabei in Art von radial verlaufenden Zahnflanken ausgeführt sein, wie dies am besten aus den Fig. 5, 6 ersichtlich ist. Die dazwischen liegenden Freiräume 46 sind dabei in radialer Richtung zur Drehachse 27 nicht begrenzt, sondern offen bzw. durchgängig ausgeführt. Insbesondere weisen die Freiräume 46 keine dreiseitig begrenzte Taschenform auf. Vielmehr stellen die Freiräume 46 in Radialrichtung verlaufende Aufnahmeschlitze für zugeordnete Längsenden 11, 12; 13, 14 von Leiterelementen 3, 4 dar.

Ein verfügbarer Verstellweg der Kalibrierfinger 30, 31 ist derart dimensioniert, dass Kalibrierspitzen 47 an den Kalibrierfingern 30, 31 im Zuge eines Kalibriervorganges zumindest in die Freiräume 46 zwischen den Mitnehmerstegen 45 der radial äußeren Biegewerkzeuge 25, 26 eindringen können, wie dies aus Fig. 6 ersichtlich ist. Im Zuge eines Biegevorganges der Leiterenden 11, 12; 13, 14 mittels dem zumindest einen Biegewerkzeug 25, 25', 26, 26' sind die Kalibrierspitzen 47 außerhalb der Freiräume 46 positionierbar. Zweckmäßig ist kann es auch sein, wenn jeweils zumindest zwei, vorzugsweise drei oder vier Kalibrierfinger 47 gruppiert sind und jede Gruppe von Kalibrierfingern 47 über ein gemeinsames Führungs- bzw. Schieberelement 48 in radialer Richtung zur Drehachse 27 aktiv verstellbar gelagert ist.

Wie am besten den Fig. 2b und 3 zu entnehmen ist, ist wenigstens ein Bewegungsantrieb 49, 50 für das zumindest eine drehbar gelagerte Biegewerkzeug 25, 25', 26, 26' vorgesehen. Wenigstens eine elektronische Steuervorrichtung 51 – Fig. 2b – dient zumindest zur gesteuerten Aktivierung des zumindest einen ersten Bewegungsantriebes 49, 50. Diese wenigstens eine Steuervorrichtung 51 kann

auch zur positions-, kraft- und/oder zeitgesteuerten Aktivierung und Deaktivierung der sonstigen Antriebe bzw. Aktoren der Fertigungsanlage genutzt werden.

Die um die Drehachse 27 drehbar gelagerten Biegewerkzeuge **25, 25', 26, 26'** sind an zumindest einem Tragrahmen 52, 53 gehalten bzw. gelagert. Darüber hinaus sind auch die Kalibriervorrichtungen 28, 29 auf diesen Tragrahmen 52, 53 für die Biegewerkzeuge **25, 25', 26, 26'** gehalten. Insbesondere ist die in Fig. 4 veranschaulichte Kalibriervorrichtung 28, 29 auf dem in Fig. 5 dargestellten Tragrahmen 52, 53 befestigt bzw. starr montiert, wobei dann die Kalibrierfinger 30, 31 radial zur Drehachse **27 des zumindest einen Biegewerkzeuges 25, 25', 26, 26'** verlaufen. **Demnach wird das zumindest eine Biegewerkzeug 25, 25', 26, 26' an dessen Außenseite von der zumindest einen Kalibriervorrichtung 28, 29 umgeben bzw. umschlossen.** Insbesondere kann die Kalibriervorrichtung 28 der ersten Biegevorrichtung den Biegewerkzeugen **25, 25' zugeordnet sein bzw. damit eine Baueinheit bilden**, während die weitere Kalibriervorrichtung 29 der Biegevorrichtung mit den **weiteren Biegewerkzeugen 26, 26' zugeordnet ist und hiermit ebenso eine Baueinheit bildet**, wie dies den Fig. 2b und 3 entnehmbar ist.

Um einen zuverlässigen bzw. präzisen Kalibrierprozess gegenüber den Längsenden 11, 12; 13, 14 der Leitelemente 3, 4 zu erzielen, kann vorgesehen sein, dass die Leitelemente 3, 4 ausgehend von den radial in Richtung zur Drehachse 27 verstellbaren Kalibrierfingern 30, 31 in Richtung zur Drehachse 27 gedrückt werden und dabei die radial innersten Leitelemente 3 via die radial weiter außen liegenden Leitelemente 4 gegen eine Mantelfläche 54 eines Stützdorns 55 – Fig. 6 – gedrückt werden. Dieser Stützdorn 55 kann einen geringeren Durchmesser 56 aufweisen, als ein Innendurchmesser 57 der innersten Schicht 9 aus Leitelementen 3 – Fig. 1 – bei Einnahme ihrer Soll-Radialposition beträgt.

Alternativ ist es auch möglich, dass der Stützdorn 55, welcher im Zuge eines Kalibriervorganges in die Ringanordnung bzw. in die innere Schicht 9 von Leitelementen 3, 4 eingebracht wird bzw. darin einzubringen ist, einen größeren Durchmesser 56 aufweist, als ein Innendurchmesser 57 der innersten Schicht 9 aus Leitelementen 3 bei Einnahme ihrer Soll-Radialposition beträgt. Insbesondere kann

der Stützdorn 55 auch kegelstumpfförmig ausgebildet sein und innerhalb wenigstens einer Axial-Querschnittsebene seiner Kegelstumpfform diesen größeren Durchmesser 56 aufweisen, sodass die Leiterelemente 3, 4 während dem Einsetzen oder Einschieben des Stützdorns 55 in die Ringanordnung aus Leiterelementen 3, 4 bzw. in die innere Schicht 9 aus Leiterelementen 3, zumindest geringfügig in radialer Richtung zur Hauptachse 6 nach außen gedrückt 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	Stator	30	Kalibrierfinger
2	Blechpaket	31	Kalibrierfinger
2'	Blechlamellen	32	Stellvorrichtung
3	Leiterelement	33	Stellvorrichtung
4	Leiterelement	34	Linearantrieb
5	Aufnahmenut	35	Linearantrieb
6	Hauptachse	36	Kulissenführung
7	erstes Stirnende	37	Kulissenführung
8	zweites Stirnende	38	Tragkörper
9	erste Schicht	39	Tragkörper
10	zweite Schicht	40	Freistellung
11	erstes Längsende	41	Durchmesser
12	erstes Längsende	42	Außendurchmesser
13	zweites Längsende	43	Stirnseite
14	zweites Längsende	44	hohlzylindrischer Abschnitt
15	erster Leitungsüberstand	45	Mitnehmerstege
16	erster Leitungsüberstand	46	Freiräume
17	zweiter Leitungsüberstand	47	Kalibrierspitzen
18	zweiter Leitungsüberstand	48	Schieberelement
19	Isolationsschicht	49	Bewegungsantrieb
20	Isolationselement	50	Bewegungsantrieb
21	Länge	51	Steuervorrichtung
22	axiale Länge	52	Tragrahmen
23	erster Wicklungskopf	53	Tragrahmen
24	zweiter Wicklungskopf	54	Mantelfläche
25, 25'	erstes Biegewerkzeug	55	Stützdorn
26, 26'	zweites Biegewerkzeug	56	Durchmesser
27	Drehachse	57	Innendurchmesser
28	Kalibriervorrichtung		
29	Kalibriervorrichtung		

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur automatisierten Herstellung eines Halbfabrikates eines Stators (1) einer elektrischen Maschine, wobei das Verfahren die folgenden Verfahrensschritte umfasst,

- Bereitstellen eines im wesentlichen hohlzylindrischen Blechpakets (2) mit einer Mehrzahl von gestapelten, eine Hauptachse (6) definierenden Blechlamellen (2'), welches Blechpaket (2) eine Mehrzahl von in dessen Kreismfangsrichtung verteilt angeordnete, sich zwischen einem ersten und zweiten axialen Stirnende (7, 8) des Blechpakets (2) erstreckende Aufnahmenuten (5) für Leiterelemente (3, 4) einer elektrischen Wicklung aufweist,

wobei die Leiterelemente (3, 4) mit wenigstens einem ihrer Längsenden (11, 12; 13, 14) gegenüber dem ersten und/oder zweiten Stirnende (7, 8) des Blechpakets (2) vorstehen und so an wenigstens einem der Stirnenden (7, 8) des Blechpakets (2) Leitungsüberstände (15, 16; 17, 18) gegenüber dem Blechpaket (2) ausbilden,

- Biegen der Leitungsüberstände (15, 16; 17, 18) der Leiterelemente (3, 4) mittels zumindest einem um eine Drehachse (27) drehbar gelagerten Biegewerkzeug (25, 25'; 26, 26') in Richtung der Kreismfangsrichtung des hohlzylindrischen Blechpakets (2),

wobei das Verfahren zudem dadurch gekennzeichnet ist, dass

die Längsenden (11, 12; 13, 14) der Leiterelemente (3, 4) durch radial in Richtung zur Drehachse (27) wirkende Kalibrierkräfte, welche von wenigstens einer Kalibriervorrichtung (28, 29) mit gesteuert verstellbaren, radial zur Drehachse (27) des zumindest einen Biegewerkzeuges (25, 25', 26, 26') ausgerichteten Kalibrierfingern (30, 31) ausgeübt werden, in eine vordefinierte Radial-Sollposition gegenüber dem Blechpaket (2) verbracht werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die via die Kalibrierfinger (30, 31) aufgebrachten Kalibrierkräfte gegenüber den Längsenden (11, 12; 13, 14) der Leiterelemente (3, 4) ausgeübt werden, während das zumindest eine Biegewerkzeug (25, 25'; 26, 26') mit den Längsenden (11, 12; 13, 14) der Leiterelemente (3, 4) noch in Kontakt oder noch in formschlüssigen Eingriff steht, sodass die Längsenden (11, 12; 13, 14) der Leiterelemente (3, 4) von dem zumindest einen Biegewerkzeug (25, 25', 26, 26') in ihrem Soll-Versatzwinkel oder in unmittelbarer Nähe zu ihrem Soll-Versatzwinkel relativ zum Blechpaket (2) positioniert gehalten und in Radialrichtung zur Drehachse (27) geführt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterelemente (3, 4) ausgehend von den radial in Richtung zur Drehachse (27) verstellbaren Kalibrierfingern (30, 31) in Richtung zur Drehachse (27) gedrückt werden und dabei die radial innersten Leiterelemente (3) via radial weiter außen liegende Leiterelemente (4) gegen eine Mantelfläche (54) eines Stützdorns (55) gedrückt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, der Stützdorn (55) einen geringeren Durchmesser (56) aufweist, als ein Innendurchmesser (57) der innersten Schicht (9) aus Leiterelementen (3) bei Einnahme ihrer Soll-Radialposition beträgt.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Stützdorn (55) einen größeren Durchmesser (56) aufweist, als ein Innendurchmesser (57) der innersten Schicht (9) aus Leiterelementen (3) bei Einnahme ihrer Soll-Radialposition beträgt, insbesondere kegelstumpfförmig ausgebildet ist und innerhalb wenigstens einer Axial-Querschnittsebene seiner Kegelstumpfform diesen größeren Durchmesser (56) aufweist, sodass die Leiterelemente (3, 4) während dem Einsetzen oder Einschieben des Stützdorns (55) in die Ringanordnung aus Leiterelementen (3, 4) radial nach außen gedrückt werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass je Aufnahmenut (5) zwei oder mehr in radialer Richtung zur Hauptachse (6) des Blechpakets (2) aneinander gereihte Leiterelemente (3, 4) zur Bildung von zwei oder mehr konzentrischen Schichten (9, 10) aus Leiterelementen (3, 4) angeordnet werden, wobei die einander gegenüber liegenden Längsenden (11, 13) der Leiterelemente (3) innerhalb einer radial inneren Schicht (9) mittels den zugeordneten Biegewerkzeugen (25', 26') gleichzeitig oder zumindest phasenweise gleichzeitig in Bezug auf die Kreisumfangsrichtung des Blechpakets (2) gegensinnig gebogen werden, und/oder dass gleichzeitig oder zumindest phasenweise gleichzeitig die einander gegenüber liegenden Längsenden (12, 14) der Leiterelemente (4) einer unmittelbar benachbarten, radial äußeren Schicht (10) mittels den zugeordneten, weiteren Biegewerkzeugen (25, 26) um einen definierten Drehwinkel in Bezug auf die Kreisumfangsrichtung des Blechpakets (2) gegensinnig gebogen werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch Verbringen der Hauptachse (6) des Blechpakets (2) in eine horizontale Orientierung respektive durch Beibehalten einer horizontalen Orientierung der Hauptachse (6) des Blechpakets (2), bevor der Biegevorgang respektive während der Biegevorgang der ersten und zweiten Längsenden (11, 12; 13, 14) und/oder der ersten und zweiten Leitungsüberstände (15, 16; 17, 18) der Leiterelemente (3, 4) ausgeführt wird.

8. Vorrichtung zum automatisierten Herstellen eines Halbfabrikates eines Stators (1) einer elektrischen Maschine, mit

einem Tragrahmen (52, 53) zur Halterung von zumindest einem um eine Drehachse (27) drehbar gelagerten Biegewerkzeug (25, 25', 26, 26'),

wobei das zumindest eine Biegewerkzeug (25, 25', 26, 26') hohlzylindrisch oder topfförmig ausgeführt ist und an einer Stirnseite (43) seines hohlzylindrischen Ab-

schnittes (44) eine Vielzahl von in dessen Kreisumfangsrichtung verteilt angeordneter, radial zur Drehachse (27) verlaufender Mitnehmerstege (45) aufweist, wobei zwischen den in Kreisumfangsrichtung aufeinander folgenden Mitnehmerstegen (45) jeweils Freiräume (46) ausgebildet sind, welche Freiräume (46) zur Aufnahme von Teilabschnitten oder Längsenden (11, 12; 13, 14) von mit dem Biegewerkzeug (25, 25', 26, 26') zu biegenden Leiterelementen (3, 4) vorgesehen sind,

mit zumindest einem Bewegungsantrieb (49, 50) für das zumindest eine drehbar gelagerte Biegewerkzeug (25, 25', 26, 26'),

und mit wenigstens einer elektronischen Steuervorrichtung (51) zur gesteuerten Aktivierung des zumindest einen Bewegungsantriebes (49, 50),

dadurch gekennzeichnet, dass

das zumindest eine Biegewerkzeug (25, 25', 26, 26') an dessen Außenumfang von zumindest einer Kalibriervorrichtung (38, 39) umgeben ist,

welche zumindest eine Kalibriervorrichtung (38, 39) eine Mehrzahl von radial zur Drehachse (27) des zumindest einen Biegewerkzeuges (25, 25', 26, 26') ausgerichtete Kalibrierfinger (30, 31) umfasst, und dass die Kalibrierfinger (30, 31) mittels wenigstens einer Stellvorrichtung (32, 33) in Richtung zur Drehachse (27) und in Richtung weg von der Drehachse (27) verstellbar sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Kalibriervorrichtung (28, 29) einen Tragkörper (38, 39) mit einer zentral angeordneten, kreisrunden Freistellung (40) aufweist, welche Freistellung (40) einen Durchmesser (41) aufweist, der größer bemessen ist als ein Außendurchmesser (42) des zumindest einen darin aufgenommenen Biegewerkzeuges (25, 25', 26, 26').

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verstellweg der Kalibrierfinger (30, 31) derart dimensioniert ist, dass Kalibrierspitzen (47) an den Kalibrierfingern (30, 31) im Zuge eines Kalibriervorganges in die Freiräume (46) zwischen den Mitnehmerstegen (47) eindringen können, und dass die Kalibrierspitzen (47) im Zuge eines Biegevorganges mittels dem zumindest einen Biegewerkzeug (25, 25', 26, 26') außerhalb der Freiräume (46) positionierbar sind.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellvorrichtung (32, 33) für die Kalibrierfinger (30, 31) durch wenigstens einen Linearantrieb (34, 35), insbesondere durch eine Mehrzahl von Arbeitszylindern gebildet ist, welche Stellvorrichtung (32, 33) derart auf eine Mehrzahl von Kulissenführungen (36, 37) einwirkt, dass die Kalibrierfinger (30, 31) in radialer Richtung zur Drehachse (27) und in radialer Richtung weg von der Drehachse (27) bewegbar sind.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Kalibriervorrichtung (28, 29) und das zumindest eine Biegewerkzeug (25, 25'; 26, 26') auf einem gemeinsamen Tragrahmen (52, 53) gehalten sind.

Fig.1

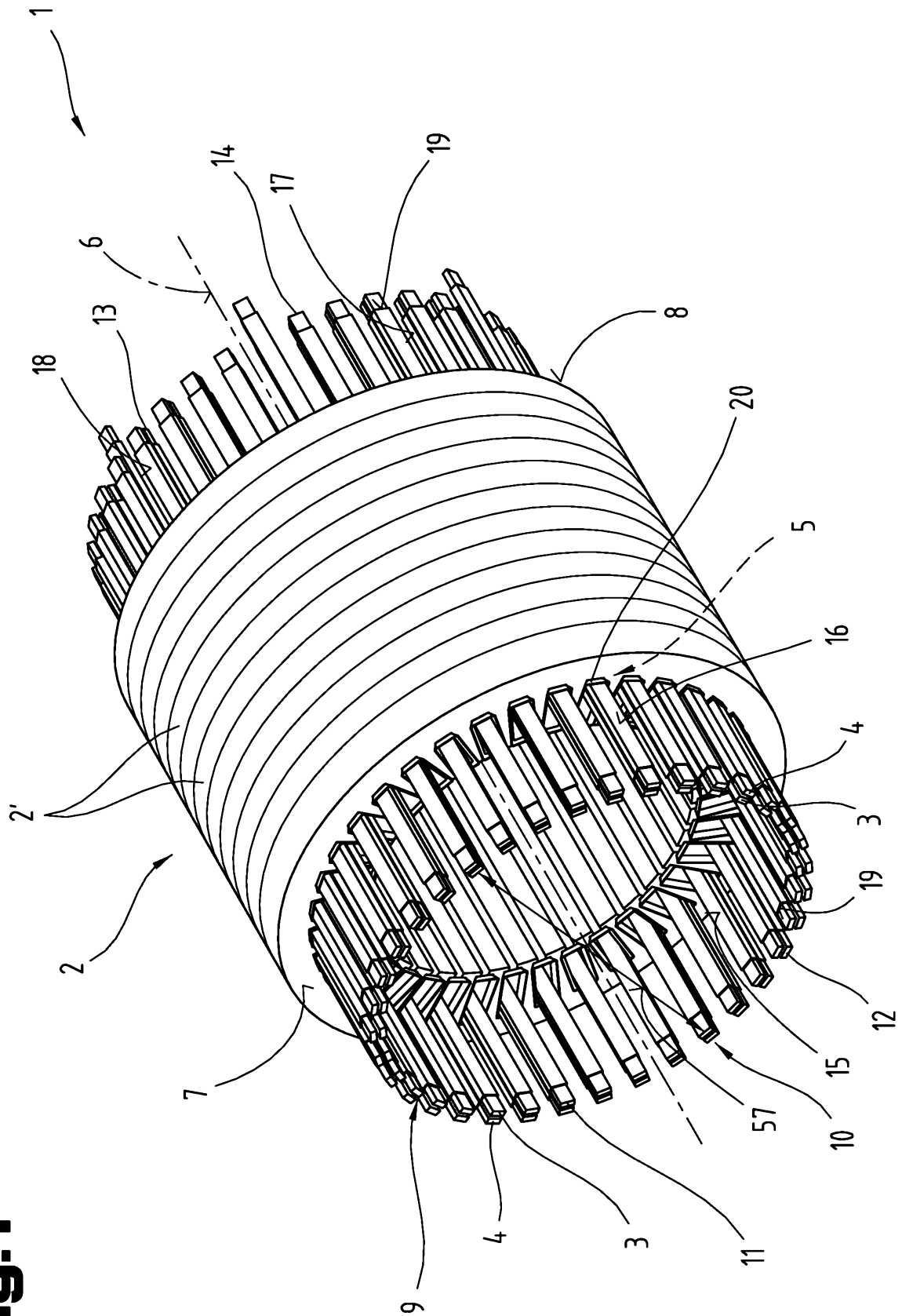
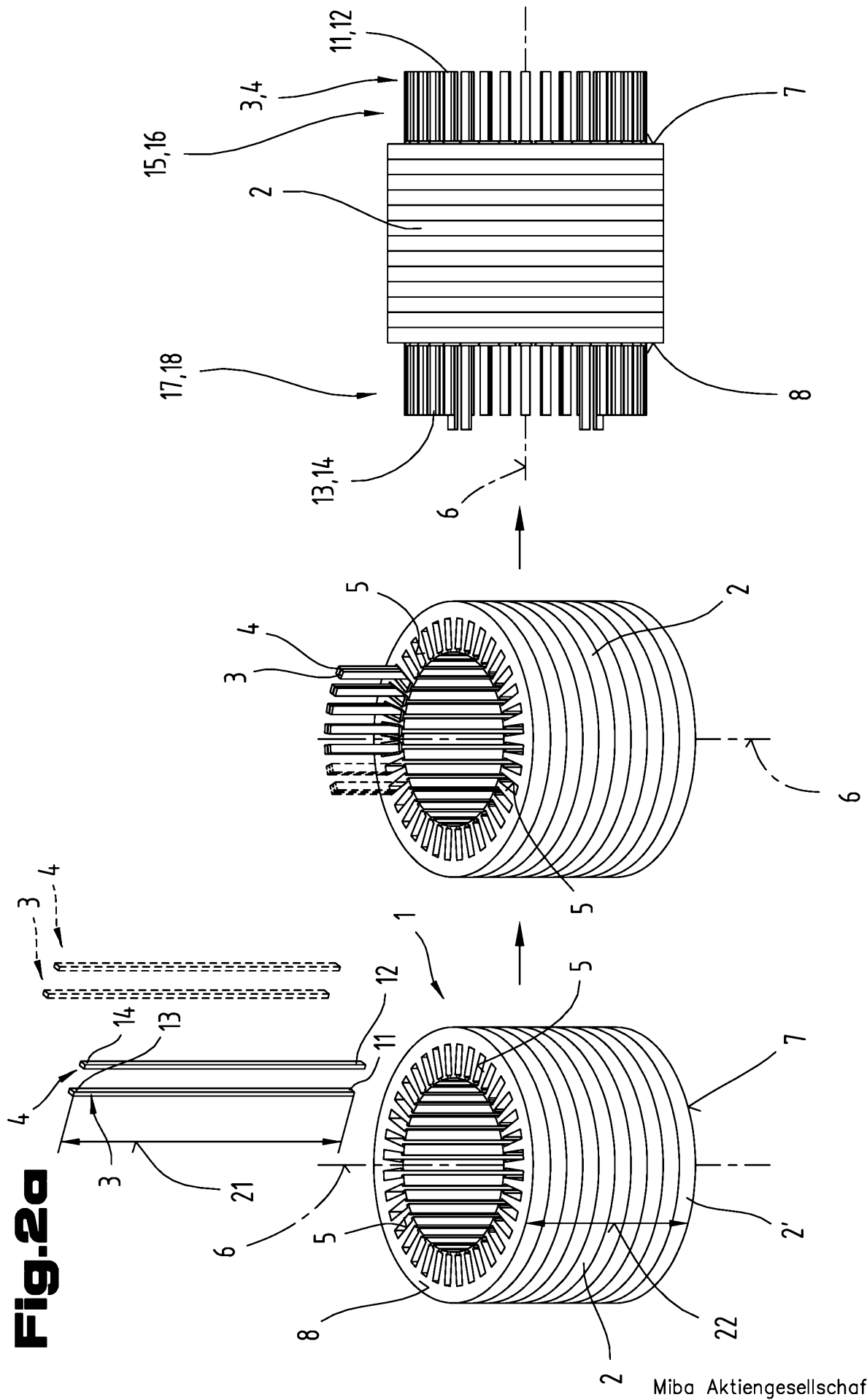


Fig. 2a



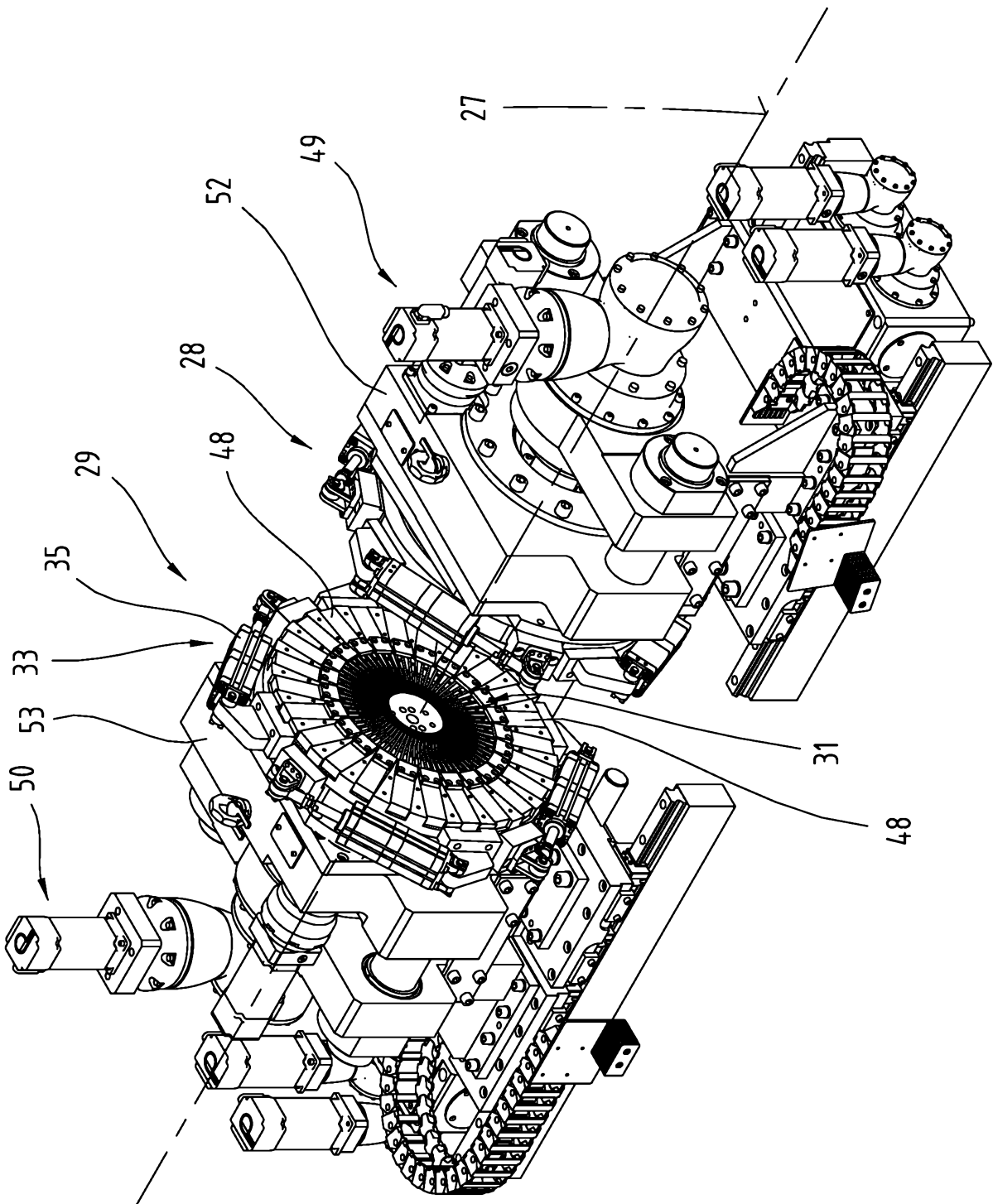


Fig. 3

Fig.4

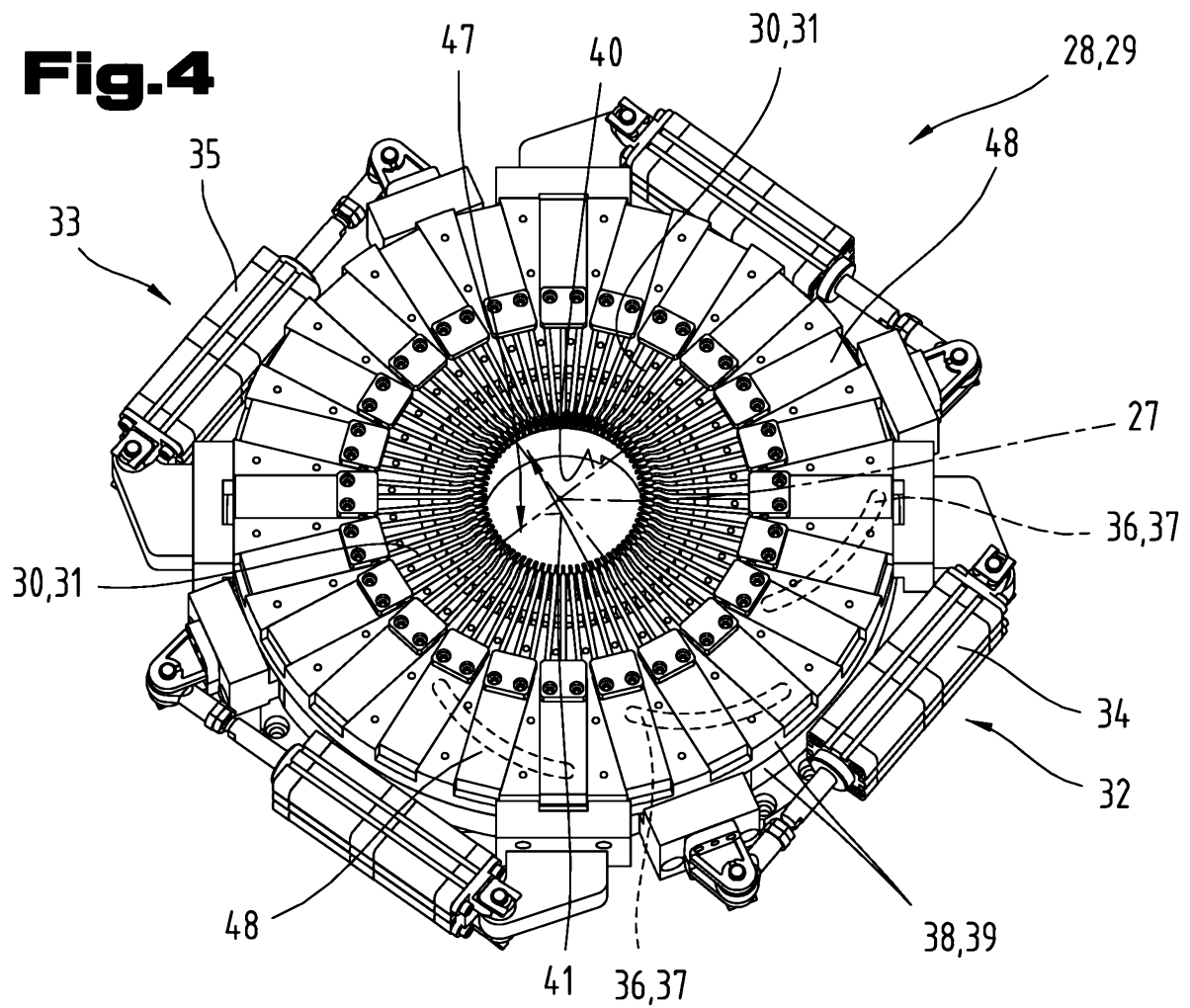
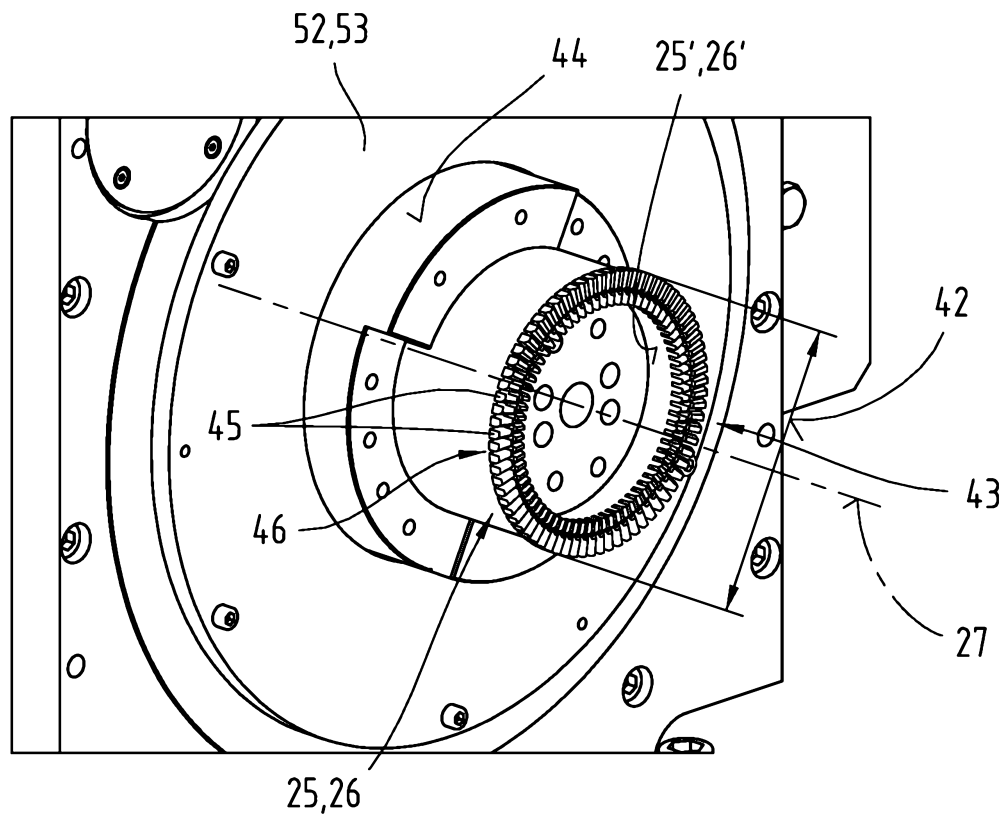


Fig.5



Miba Aktiengesellschaft

Fig.6

