

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50591/2019  
(22) Anmeldetag: 28.06.2019  
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2022

(51) Int. Cl.: **H02K 3/34** (2006.01)  
**H02K 1/16** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
CH 299052 A  
US 2011204742 A1  
DE 102004055608 A1  
WO 2009102015 A1  
DE 10329678 A1  
WO 2011142264 A1

(73) Patentinhaber:  
Miba eMobility GmbH  
4663 Laakirchen (AT)

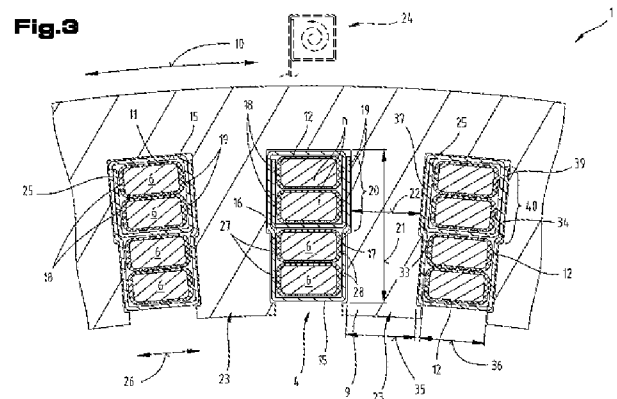
(72) Erfinder:  
Eilenberger Andreas Dr.  
3552 Lengenfeld (AT)  
Miesbauer Robert  
4643 Pettenbach (AT)

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

### (54) Stator für eine elektrische Maschine

(57) Die Erfindung betrifft einen Stator (1) für eine elektrische Maschine. Der Stator (1) umfasst einen im wesentlichen hohlzylindrischen Statorkern (2) mit mehreren Aufnahmenuten (4), wobei jede der Aufnahmenuten (4) zumindest durch einander gegenüberliegende Nut-Seitenwände (16, 17) und durch eine Nut-Grundfläche (11) begrenzt ist. Je Aufnahmenut (4) ist eine Mehrzahl elektrischer Leiterstäbe (6) mit einem rechteckförmigen Querschnitt vorgesehen, welche durch vorbestimmte elektrische Verbindungen eine Statorwicklung (3) ausbilden. Wenigstens eine baulich eigenständig ausgebildete, elektrische Isolationslage (15) in jeder der Aufnahmenuten (4) ist zur elektrischen Isolation von Leiterstäben (6) zueinander respektive gegenüber dem Statorkern (2) vorgesehen. Dabei ist eine Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) in jeder der Aufnahmenuten (4) von der Isolationslage (15) umwickelt, wobei die Isolationslage (15) zwischen wenigstens einer der Seitenflächen (18; 19) der umwickelten Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) und der nächstliegend zugeordneten Nut-Seitenwand (16; 17) respektive den nächstliegend zugeordneten Nut-Seitenwänden (16, 17) der Aufnahmenut (4) doppellagig ausgebildet ist. Diese umwickelte Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) ist im Vergleich zu

den weiteren elektrischen Leiterstäben (6) in dieser Aufnahmenut (4) der Nut-Grundfläche (11) dieser Aufnahmenut (4) nächstliegend zugeordnet.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Stator für eine elektrische Maschine, wie er in den Ansprüchen angegeben ist.

**[0002]** Mit sogenannten Stabwicklungen versehene Statoren für elektrische Maschinen weisen einen Grundaufbau auf, wie er im einleitenden Teil des Hauptanspruches angegeben ist. Mehrere elektrische Leiterstäbe sind dabei jeweils in einer Mehrzahl von Aufnahmenuten eines hohlzylindrischen, metallischen Statorkerns aufgenommen. Die elektrischen Leiterstäbe dieser Stabwicklung sind typischerweise zu einem deutlich überwiegenden Anteil ihrer Mantelfläche mit einer permanent anhaftenden elektrischen Isolationsschicht, üblicherweise einer Kunststoff-Lackschicht, versehen. Um diese elektrische Isolation weiter zu verbessern, kann zusätzlich wenigstens eine Isolationslage, insbesondere ein sogenanntes Nutpapier vorgesehen sein. Diese je Aufnahmenut ausgebildete Isolationslage kleidet die Wände der Aufnahmenuten aus und steigert so das elektrische Isolationsvermögen zwischen den Leiterstäben und dem Statorkern.

**[0003]** Eine einleitend beschriebene Statorausführung ist aus der DE102014105425A1 bekannt. Die Nutauskleidung ist dabei durch ein erstes in seinem Querschnitt im Wesentlichen U-förmiges Isolationselement und durch ein zweites in seinem Querschnitt ebenso im wesentlichen U-förmiges Isolationselement gebildet. Die Schenkel-Endabschnitte dieser beiden Isolationselemente überlappen einander, wobei die beiden Isolationselemente derart zusammenwirken, dass sie eine hülsenartige, im Querschnitt im wesentlichen rechteckige Nutauskleidung definieren. Im Bereich der Überlappungszonen der beiden Isolationselemente ist in den beiden Nut-Seitenwänden jeweils eine Freistellung ausgebildet, um über die gesamte Länge dieser zweiteiligen Nutauskleidung eine gleichbleibende, lichte Aufnahmebreite für die elektrischen Leiterstäbe zu schaffen. Vor allem bei mehrphasigen Statorwicklungen mit relativ hohen Phasenspannungen kann die an den Leiterelementen vorhandene Leiterisolierung unzureichend sein.

**[0004]** Die JP2012-222983A offenbart einen Stator einer elektrischen Maschine, bei welchem das in den Aufnahmenuten des Stators ausgebildete Isolationspapier besser vor Beschädigung geschützt werden soll. Hierbei weisen die Aufnahmenuten des Stators einen ersten, relativ engen Aufnahmeabschnitt für Leiterelemente mit relativ kleinem Durchmesser, sowie einen zweiten, vergleichsweise breiten Aufnahmeabschnitt für Leiterelemente mit relativ großem Durchmesser auf. Der zweite, vergleichsweise breite Aufnahmeabschnitt ist in radialer Richtung zur Statorachse weiter außen liegend positioniert als der erste, relativ enge Aufnahmeabschnitt. Die in den beiden Aufnahmeabschnitten jeweils eingefügten Leiterelemente weisen kreisrunde Querschnitte auf und die Übergangsabschnitte zwischen dem engen Aufnahmeabschnitt und dem vergleichsweise breiten Aufnahmeabschnitt sind durch geneigte, stumpfwinkelig verlaufende Übergangswände gebildet, wodurch die auf das Isolationspapier einwirkenden Belastungen möglichst gering gehalten werden sollen. Durch ein im Querschnitt S-förmig oder Achter-förmig verlaufendes Isolationspapier kann im Übergangsbereich zwischen den Leiterelementen des engen und des breiten Aufnahmeabschnittes eine einfache oder doppelte Schichtdicke an Isolationspapier ausgebildet werden. Durch die im Querschnitt kreisrunden Leiterelemente in den Aufnahmenuten ergibt sich ein relativ geringer Füllfaktor der Aufnahmenuten mit dem elektrisch leitenden Material der Leiterelemente, wodurch die Performance-Werte eines solchen Stators nur bedingt zufriedenstellend sind.

**[0005]** Die Dokumente CH299052A, US2011204742A1, DE102004055608A1, WO2009102015A1 und DE10329678A1 zeigen jeweils verschiedene Ausgestaltungen von Isolationslagen zwischen Leitern und Aufnahmenuten bzw. zwischen Leitern untereinander in Statoren elektrischer Maschinen. Die Leiter weisen ausgenommen der DE10329678A1 einen rechteckförmigen Querschnitt auf. Die Isolationslage umschließt bei diesen Ausgestaltungen jeweils eine Teilmenge der Leiter und ist dabei bei jener Teilmenge der Leiter, die dem Nutgrund am nächsten liegt, im Bereich der Nutseitenwand doppellagig ausgeführt.

**[0006]** Die WO2011142264A1 zeigt einen Stator mit Aufnahmenuten und mit einem Strang bzw. Bündel von darin eingelegten Leitern. Diese Leiterstränge bzw. Leiterbündel in den Aufnahme-

nuten sind an der Außenseite von einer Isolationslage umgeben. Die Isolationslage ist im Bereich des Nutgrundes doppellagig ausgeführt. Der doppellagige Abschnitt der Isolationslage ist dabei in einem Rücksprung an der Nutseitenwand beim Nutgrund untergebracht und das freie Ende des doppellagigen Abschnitts der Isolationslage steht mit dem Rücksprung mechanisch in Eingriff. Dadurch sollen die umwickelten Leiterbündel in den Aufnahmenuten an ihrer Sollposition gehalten werden und soll einer Verschiebung der Leiterbündel in radialer Richtung zur Statorachse aus den Aufnahmenuten heraus unterbunden werden.

**[0007]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und einen Stator für eine elektrische Maschine anzugeben, welcher mit einem kompakten Aufbau hohe motorische Leistungswerte bieten kann und dabei trotzdem eine möglichst hohe Robustheit und technische Ausfallssicherheit erreicht.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch einen Stator für elektrische Maschinen gelöst, wie er in den Ansprüchen definiert ist.

**[0009]** Der erfindungsgemäße Stator für eine elektrische Maschine umfasst einen im wesentlichen hohlzylindrischen Stator Kern mit einem ersten und einem zweiten axialen Stirnende mit mehreren entlang einer Kreisumfangsrichtung des Stator Kerns verteilt angeordneten und sich entlang einer Längsachse des Stator Kerns erstreckenden Aufnahmenuten. Jede der Aufnahmenuten ist zumindest durch einander gegenüberliegende Nut-Seitenwände und durch eine Nut-Grundfläche begrenzt. Je Aufnahmenut ist eine Mehrzahl elektrischer Leiterstäbe vorgesehen, welche Leiterstäbe einen rechteckförmigen Querschnitt aufweisen und durch vorbestimmte elektrische Verbindungen eine Statorwicklung ausbilden. Zudem ist wenigstens eine baulich eigenständig ausgebildete, elektrische Isolationslage in jeder der Aufnahmenuten vorgesehen, welche zur elektrischen Isolation einzelner Leiterstäbe zueinander respektive gegenüber dem Stator Kern dient.

**[0010]** Eine Teilmenge der Leiterstäbe in jeder der Aufnahmenuten, d.h. wenigstens einer der Leiterstäbe bis hin zu einem vorbestimmten Anteil der insgesamt vorhandenen Anzahl der Leiterstäbe pro Aufnahmenut, ist von der vorzugsweise einteilig ausgebildeten Isolationslage umwickelt, insbesondere vorzugsweise vollständig umgeben. Die Isolationslage ist dabei zwischen wenigstens einer der Seitenflächen der umwickelten Teilmenge der Leiterstäbe und der nächstliegend zugeordneten Nut-Seitenwand respektive den nächstliegend zugeordneten Nut-Seitenwänden der Aufnahmenut doppellagig ausgebildet, d.h. doppellagig verlaufend, wobei die entsprechend umwickelte Teilmenge der Leiterstäbe, im Vergleich zu den weiteren elektrischen Leiterstäben in dieser Aufnahmenut der Nut-Grundfläche dieser Aufnahmenut nächstliegend zugeordnet ist.

**[0011]** Demnach ist zumindest die dem Nutgrund nächstliegende Teilmenge der Leiterstäbe in Bezug auf den Querschnittsumfang bzw. an den äußeren Mantelflächen von der Isolationslage umwickelt, wobei diese Teilmenge an Leiterstäben an zumindest einer Seitenfläche gegenüber der Nut-Seitenwand doppellagig isoliert ist. Durch diese Ausgestaltung können einerseits gute elektrische Isolationswerte, andererseits aber auch möglichst hohe Füllfaktoren der Aufnahmenuten des Stators mit dem Material der elektrischen Leiterstäbe erzielt werden, was sich positiv auf die elektrischen Leistungswerte des Stators auswirkt. Gleichzeitig wird dadurch jener Schwellwert angehoben, bei welchem ein bestimmtes Maß an magnetischer Sättigung in den sogenannten Zahnabschnitten des Stators eintritt, wodurch eine magnetische Zahnsättigung vergleichsweise später eintritt und die elektromagnetischen Verluste auch bei einem kompakten Aufbau des Stator Kerns gering gehalten werden können. Darüber hinaus wird durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung erreicht, dass unerwünschte Strom-Kriechstrecken zwischen den Leiterstäben und dem typischerweise metallischen Stator Kern hintan gehalten werden. Zudem führen auch relativ hohe Phasenspannungen an der Statorwicklung nicht zu unerwünschten Kriechströmen, nachdem potentielle Kriechstrecken an den Enden der Isolationslage mittels dem zumindest einen doppellagigen Abschnitt in der elektrischen Isolationslage eliminiert werden können.

**[0012]** Vorteilhaft ist auch eine Ausgestaltung bei welcher die Isolationslage an beiden einander gegenüberliegenden Seitenflächen der umwickelten Teilmenge der Leiterstäbe doppelt verläuft.

Dadurch wird in vorteilhafter Art und Weise erreicht, dass an beiden Wickelungsenden bzw. Wickelungs-Endabschnitten der folienartigen Isolationslage jeweils eine Überlappung mit dazwischen liegenden Teilabschnitten dieser Isolationslage gewährleistet ist. Dadurch kann eine hochgradige Vermeidung bzw. Unterbindung von unerwünschten Strom-Kriechstrecken zwischen den elektrischen Leiterstäben und dem metallischen Stator Kern erzielt werden.

**[0013]** Eine vorteilhafte Ausführung besteht darin, dass die Isolationslage lediglich innerhalb eines Teilabschnittes der radialen Tiefe der Aufnahmenut doppellagig ausgebildet ist. Dadurch kann eine übermäßige Reduktion des Materialquerschnittes bzw. der Zahnbreite der Statorzähne hintan gehalten werden und somit eine möglichst hohe magnetische Sättigungsgrenze der Statorzähne erzielt werden. Dennoch ist es dadurch möglich, hohen elektrischen Isolationsanforderungen gerecht zu werden, insbesondere ein Auftreten von Strom-Kriechstrecken in einem verbesserten Ausmaß zu vermeiden.

**[0014]** Zweckmäßig kann es auch sein, wenn die umwickelte Teilmenge der Leiterstäbe in Bezug auf ihren Querschnittsumfang von der Isolationslage vollumfänglich umwickelt ist. Dadurch kann gewährleistet werden, dass sowohl zwischen Leiterstäben unterschiedlicher Phasenspannungen, als auch zwischen einzelnen Leiterstäben und dem Stator Kern verbesserte elektrische Isolationswerte vorliegen. Unerwünschte Kurzschlüsse und Kriechströme können dadurch hintan gehalten werden.

**[0015]** Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Isolationslage mit ihrem ersten Ende an einer der beiden Seitenflächen der Teilmenge der Leiterstäbe beginnt, annähernd radial in Richtung zur Längsachse des Stator Kerns verläuft, parallel zur Breitenrichtung der Aufnahmenut verläuft, in annähernd radialer Richtung in Richtung zur Nut-Grundfläche verläuft, und weiter zwischen der Nut-Grundfläche und der Teilmenge an Leiterstäben zurück zu dessen ersten Ende verläuft. Dies bewirkt, dass der zumindest eine Leiterstab, welcher/welche von der Isolationslage umwickelt ist/sind, ausgehend von der einem Statorzahn bzw. einer Nut-Seitenwand nächstliegenden Seitenfläche in die Isolationslage eingepackt ist, und eben nicht ausgehend von einer Flachseite der Leiterstäbe umschlossen wird, welche parallel zur Nut-Grundfläche verlaufen würde. Dadurch wird erreicht, dass die Statorzähne quasi im Bereich ihrer „Zahnhäse“, d.h. im Nahbereich der Nut-Grundflächen, unter Zwischenschaltung einer doppelten Schichtdicke der Isolationslage gegenüber dem umwickelten Leiterstab bzw. den umwickelten Leiterstäben elektrisch isoliert sind. Dadurch müssen die Statorzähne ausschließlich im Bereich ihrer „Zahnhäse“ verjüngt ausgeführt sein, um diese doppelte Schichtdicke der Isolationslage aufnehmen zu können. Durch die ausschließlich im Bereich ihrer „Zahnhäse“ vorliegende Verjüngung der Statorzähne werden magnetische Verluste verringert bzw. können dadurch höhere magnetische Sättigungsgrenzen erreicht werden. Insbesondere wirkt sich eine geringe Schmälerung der „Zahnhäse“ um die Dicke des Isolationspapiers nur relativ wenig auf den Wert der Sättigungsmagnetisierung aus. Zudem können durch diese Maßnahmen die einzelnen Leiterstäbe möglichst spielfrei bzw. ohne Verursachung von großräumigen Luftspalten in die Aufnahmenuten eingesetzt werden, ohne dass die Isolationslage beschädigt wird oder während des Einfügens der Leiterstäbe in die Aufnahmenuten verrutscht.

**[0016]** In diesem Zusammenhang ist es auch in einfacher Art und Weise möglich, dass die Isolationslage in Bezug auf die Teilmenge der Leiterstäbe einen Umschlingungswinkel von mehr als 360°, insbesondere von 380° bis 540° aufweist. Unerwünschte Kriechströme können dadurch zuverlässig hintan gehalten werden. Zudem wird dadurch die mechanische Robustheit und Stabilität der Statorwicklung begünstigt.

**[0017]** Die rechteckförmigen Leiterstäbe sind in den Aufnahmenuten vorzugsweise derart aufgenommen, dass in Bezug auf den Querschnitt der Aufnahmenuten und der Leiterstäbe die langen Seiten der Leiterstäbe in Kreisumfangsrichtung des Stator Kerns orientiert sind und die kurzen Seiten der Leiterstäbe im Wesentlichen radial zur Längsachse des Stator Kerns orientiert sind.

**[0018]** Bei der erfindungsgemäßen Ausführung ist auch vorgesehen, dass die Isolationslage nach einer Umschlingung bzw. Umwicklung von mehr als 360° gegenüber der Teilmenge der Leiterstäbe einteilig weiter verläuft zwischen der Seitenfläche von wenigstens einem weiteren,

radial benachbarten Leiterstab und der entsprechenden Nut-Seitenwand, wobei der wenigstens eine weitere Leiterstab in radialer Richtung zur umwickelten Teilmenge der Leiterstäbe unmittelbar benachbart angeordnet ist, die Isolationslage sodann weiter in Breitenrichtung der Aufnahmenut verläuft, sodann weiter in annähernd radialer Richtung zwischen der gegenüberliegenden Seitenwand des wenigstens einen weiteren Leiterstabes und der nächstliegend zugeordneten Nut-Seitenwand in Richtung zur Nut-Grundfläche verläuft und dabei die nächstliegend zugeordnete Seitenfläche der umwickelten Teilmenge der Leiterstäbe zumindest abschnittsweise doppel­lagig bedeckt. Dadurch bleibt der Wickelsinn gleich bzw. die Wickelrichtung der Isolationslage gegenüber den Leiterstäben immer gleichsinnig, also entweder stets im oder stets gegen den Uhrzeigersinn. Dies ermöglicht in einfacher Art und Weise eine Doppellagigkeit der Isolationslage an den einander gegenüberliegenden Nut-Seitenwänden in ihren Teilabschnitten nächstliegend zur Nut-Grundfläche. Zudem wird dadurch die Robustheit und die Aufbaufreundlichkeit des Stators begünstigt, nachdem die Doppellagigkeit der Isolationslage im Nahereich zur Nut-Grundfläche die Einbringbarkeit bzw. Positionsstabilität der Isolationslage gegenüber den einzelnen Aufnahmenuten begünstigt. Insbesondere kann dadurch auch die Wirtschaftlichkeit des Stators in Bezug auf Herstellung und Nutzung verbessert werden.

**[0019]** Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass die Isolationslage zur Umwicklung der Teilmenge der Leiterstäbe und des wenigstens einen weiteren Leiterstabes einteilig ausgebildet ist. Dies begünstigt einerseits die Stabilität der Isolationslage beim Einbringen der Leiterstäbe in die Aufnahmenuten bzw. in die voneinander separierten Hüllräume bzw. Teilkammern der gefalteten Isolationslage. Darüber hinaus ist dadurch ein möglichst prozessstabiler und wirtschaftlicher Herstellungsvorgang erzielbar.

**[0020]** Im Unterschied zu einer einteiligen Ausführung kann vorgesehen sein, dass die Isolationslage zweiteilig ausgebildet ist, wobei deren erster Isolationslagenteil und deren zweiter Isolationslagenteil derart zusammenwirken, dass sie gemeinsam einen Umschlingungswinkel von mehr als  $360^\circ$  gegenüber der Teilmenge der Leiterstäbe ausführen. Dadurch ist der Umschlingungsabschnitt der Isolationslage zweiteilig ausgeführt, was eine gestaffelte bzw. zeitlich versetzte Einbringung der Isolationslage ermöglicht. Insbesondere kann dadurch in vorteilhafter Art und Weise zuerst die Außenauskleidung in die Aufnahmenut eingebracht werden und sodann der als Trennsteg fungierende zweite Isolationslagenteil eingebracht werden. Dies insbesondere dann, wenn der erste Isolationslagenteil im Querschnitt im Wesentlichen U-förmig ausgebildet ist und dessen Basisabschnitt eine in radialer Richtung wirksame Isolationsschicht zwischen der Teilmenge der Leiterstäbe und dem weiteren Leiterstab ausbildet. Das Einfügeverhalten bzw. die Montierbarkeit der Isolationslage und der einzelnen Leiterstäbe in der Aufnahmenut kann dadurch begünstigt werden.

**[0021]** Gemäß einer besonderen Ausprägung ist es möglich, dass ein Statorzahn, welcher zwischen zwei in Kreisumfangsrichtung des Statorkerns unmittelbar benachbarten Aufnahmenuten ausgebildet ist, in seinem der Nut-Grundfläche nächstliegenden Teilabschnitt in wenigstens einer der beiden Nut-Seitenwände einen Rücksprung bzw. eine Freistellung zur Unterbringung bzw. Aufnahme einer Lage der doppel­lagig verlaufenden Isolationslage aufweist. Dadurch erfolgt die Zahnverjüngung im Abschnitt nächstliegend zur Nut-Grundfläche, wodurch ein möglichst hoher Grenzwert bis zum Eintreten der magnetischen Sättigung des Statorzahns erreicht werden kann. Darüber hinaus ist dadurch eine vollständig symmetrische oder zumindest überwiegend symmetrische Ausgestaltung der Statorzähne erzielbar. Eine vollständige Symmetrie der Statorzähne in Bezug auf eine Ansicht parallel zur Stator-Längsachse ist dann gegeben, wenn der Statorzahn an seinen beiden in Kreisumfangsrichtung aufeinanderfolgenden Begrenzungsflächen jeweils zumindest einen Rücksprung aufweist.

**[0022]** Zweckmäßig ist es auch, wenn eine in Kreisumfangsrichtung gemessene kleinste Zahn­breite des Statorzahns im Abschnitt mit dem zumindest einen Rücksprung größer ist als eine kleinste Zahnbreite des Statorzahns in seinem Zahnkopf oder in seinem restlichen Abschnitt. Dadurch kann eine möglichst hohe magnetische Sättigungsgrenze erzielt werden.

**[0023]** Weiters kann es vorteilhaft sein, wenn zwei in radialer Richtung unmittelbar benachbart

angeordnete Leiterstäbe ein von der Isolationslage umwickeltes Leiterstab-Paar definieren. Dadurch wird erreicht, dass mehrphasige Statorwicklungen in Stableiter-Ausführung bessere Isolationskennwerte erzielen.

**[0024]** Ferner kann vorgesehen sein, dass sämtliche Leiterstäbe innerhalb einer Aufnahmenut eine gleiche auf die Kreisumfangsrichtung bezogene Breite aufweisen und die Aufnahmenuten des Statorkerns einen im Wesentlichen rechteckig verlaufenden bzw. einen rechteckförmig umgrenzten Aufnahmequerschnitt aufweisen.

**[0025]** Dadurch ist ein möglichst hoher Füllfaktor der Aufnahmenuten mit dem Material der elektrischen Leiterstäbe, welche beispielsweise aus Kupfer gebildet sind, möglich. Dies bringt elektromagnetische Performance-Vorteile des Stators bzw. ein verbessertes Verhältnis zwischen der elektromagnetischen Leistung und dem Aufbauvolumen des Stators.

**[0026]** Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass der erste Endabschnitt der Isolationslage in Bezug zu den Seitenflächen des wenigstens einen Leiterstabes eine innere Lage definiert und der zweite Endabschnitt der Isolationslage eine äußere Lage im doppellagigen Abschnitt der Isolationslage definiert. Dadurch kann die selbsthemmende Wirkung der Isolationslage verbessert werden, sodass ein unerwünschtes Verrutschen im Zuge des Fügevorganges der Leiterstäbe gegenüber den Aufnahmenuten hinten gehalten werden kann. Zudem kann dadurch ein insgesamt gleichbleibender Wickelsinn der Isolationslage gegenüber den Leiterstäben beibehalten werden, wodurch die Formstabilität einer entsprechend gefalteten Isolationslage begünstigt ist bzw. die selbstklemmende Wirkung bzw. die nach außen gerichtete Kraftwirkung der Isolationslage innerhalb der jeweiligen Aufnahmenut verbessert wird. Füge- bzw. Montageprozesse der Isolationslagen und auch der Leiterstäbe gegenüber den Aufnahmenuten können dadurch vereinfacht werden und auch prozesssicherer umgesetzt werden. Dies vor allem deshalb, weil dadurch die Isolationslage quasi in Art einer Spiralfeder verläuft bzw. spiralfederartig gefaltet bzw. vorgeformt ist. Nach dem Einfügen der entsprechenden Isolationslage in die Aufnahmenuten besitzt die Isolationslage ein sich aufweitendes Verhalten bzw. eine nach außen strebende Ausdehnungstendenz. Dadurch können entsprechende Isolationslagen positionsgenau und auch positionsstabil in die Aufnahmenuten des Statorkerns eingebracht werden.

**[0027]** Bei der erfindungsgemäßen Ausführung verläuft die Isolationslage in Bezug auf die radiale Richtung zur Längsachse des Statorkerns ausschließlich einlagig. Dadurch sind keine Doppellagen der Isolationslage in Bezug auf radial unmittelbar zueinander benachbarte Leiterstäbe vorhanden. Die elektromagnetische Performance des Stators kann dadurch begünstigt werden.

**[0028]** Schließlich kann vorgesehen sein, dass in Bezug auf Leiterstäbe, welche innerhalb einer Aufnahmenut angeordnet sind, zwischen in radialer Richtung zueinander benachbart angeordneten Gruppen von Leiterstäben ein Seitenversatz in Bezug auf die Kreisumfangsrichtung des Statorkerns vorgesehen ist. Dadurch ist es möglich, in lediglich einer der beiden Nut-Seitenwände einen Rücksprung vorzusehen und trotzdem einen doppellagigen Teilabschnitt der Isolationslage auszuführen. Die durch solche Rücksprünge auf die Isolationslage einwirkenden Belastungen bzw. Beanspruchungen können dadurch gering gehalten werden bzw. reduziert werden.

**[0029]** Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

**[0030]** Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

- [0031]** Fig. 1 eine perspektivische Darstellung mitsamt Detaildarstellung eines Ausführungsbeispiels eines Stators für eine elektrische Maschine;
- [0032]** Fig. 2 eine erste Ausführungsvariante eines Stators im Bereich von drei Aufnahmenuten im Querschnitt;
- [0033]** Fig. 3 eine zweite Ausführungsvariante eines Stators im Bereich von drei Aufnahmenuten im Querschnitt;
- [0034]** Fig. 4 eine dritte Ausführungsvariante eines Stators im Bereich von drei Aufnahmenuten im Querschnitt.

**[0035]** 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.

**[0036]** In Fig. 1 ist ein Stator 1 in einer Schrägansicht stark schematisch dargestellt. Der Stator 1 umfasst dabei ein im wesentlichen hohlzylindrisches Blechpaket in welchem eine Vielzahl von Aufnahmenuten 4 in Kreismittagsrichtung 10 verteilt angeordnet sind. Dieses Blechpaket definiert den sogenannten Stator Kern 2. Die Aufnahmenuten 4 sind dabei in Längs- bzw. Axialrichtung 5 des Stator Kerns 2 durchgehend ausgebildet. Aus den Fig. 1 bis 4 ist beispielhaft ersichtlich, dass in jeder der Aufnahmenuten 4 mehrere elektrische Leiterstäbe 6 vorgesehen sind, welche durch vorbestimmte elektrische Verbindungen die zumindest eine elektrische Spule bzw. Statorwicklung 3 definieren.

**[0037]** Wie weiters am besten aus einer Zusammenschau der Fig. 1 bis 4 ersichtlich ist, sind die Aufnahmenuten 4 des Stator Kerns 2 in Bezug auf eine radiale Richtung des hohlzylindrischen Stator Kerns 2 in Richtung zur zentralen Längsachse 7 des Stators 1 hin offen ausgebildet. Derartige Öffnungen können als schmale bzw. langgestreckte Spalten 8 an der inneren Wand- bzw. Mantelfläche des Stator Kerns 2 ausgebildet sein. Jene Abschnitte des Stator Kerns 2, welche die Aufnahmenuten 4 in Richtung zur zentralen Längsachse 7 verengen bzw. begrenzen, können in Bezug auf die Kreismittagsrichtung 10 als Zahnköpfe 9 ausgeformt bzw. bezeichnet sein. An der zu den Zahnköpfen 9 gegenüberliegenden Seite der jeweiligen Aufnahme nut 4, auch Jochseite genannt, befindet sich die Nut-Grundfläche 11. Die genaue Anzahl an Aufnahmenuten 4 sowie der darin aufgenommenen elektrischen Leiterstäbe 6 richtet sich nach der gewünschten Größe bzw. Auslegung der elektrischen Maschine.

**[0038]** Grundsätzlich können die Aufnahmenuten 4 unterschiedlichste Querschnittsformen aufweisen, wobei sich zur Aufnahme von elektrischen Leiterstäben 6 korrespondierende, rechteckige Querschnitte der Aufnahmenuten 4 bewährt haben. Zur Isolation der einzelnen elektrischen Leiterstäbe 6 zueinander sowie zum Stator Kern 2 hin, ist es erforderlich, zumindest eine Isolationsschicht 12 an der Mantelfläche der Leiterstäbe 6 auszubilden. Insbesondere sind die Leiterstäbe 6 zumindest in ihren Abschnitten innerhalb des Stator Kerns 2 jeweils mit einer Isolationsschicht 12 ummantelt. Wie an sich bekannt ist diese Isolationsschicht 12 als Lacksicht auf den Mantelflächen der Leiterstäbe 6 ausgeführt, welche Lackschicht durch ein Tauchverfahren aufgebracht worden sein kann.

**[0039]** Der im Wesentlichen hohlzylindrische Stator Kern 2 weist in Bezug auf seine zentrale Längsachse 7 ein erstes und ein zweites axiales Stirnende 13, 14 auf. Die elektrischen Leiterstäbe 6 in den Aufnahmenuten 4 sind durch metallische Formstäbe, vorzugsweise aus Kupfer oder einem anderen elektrisch gut leitfähigen Material gebildet. Diese Formstäbe bilden eine Mehrzahl von elektrischen Leiterabschnitten aus, welche sich zumindest innerhalb der jeweils zugeordneten Aufnahmenuten 4 erstrecken. Diese Leiterabschnitte können dabei durch sogenannte I-Pins definiert sein oder durch sogenannte Hair-Pins gebildet sein.

**[0040]** Die elektrischen Leiterstäbe 6 sind also mehrfach in jeder der Aufnahmenuten 4 angeordnet und wird durch vorbestimmte elektrische Verbindungen zwischen den kreisringförmig positionierten Leiterstäben 6 die plangemäße Statorwicklung 3 aufgebaut, welche Statorwicklung 3 zur Erzeugung eines umlaufenden Magnetfelds dient, wenn der Stator 1 mit ein- oder mehrphasiger elektrischer Energie beaufschlagt wird. Wie beispielhaft aus Fig. 1 oder den Fig. 2 bis 4 ersichtlich ist, weist eine solche Statorwicklung 3 im einsatzbereiten Zustand mehrere in radialer Richtung zur zentralen Längsachse 7 des Stator Kerns 2 unmittelbar benachbarte Lagen aus Leiterstäben 6 auf. Die Zuführung von einphasigem Wechselstrom oder von mehrphasigem Wechselstrom (Drehstrom) erfolgt über dezidierte, nicht näher dargestellte Anschlussstellen an der Statorwicklung 3, wie dies allgemein bekannt ist.

**[0041]** Zudem ist in jeder der Aufnahmenuten 4 jeweils wenigstens eine baulich eigenständig ausgeführte, elektrische Isolationslage 15 ausgebildet, welche zur elektrischen Isolation einzelner Leiterstäbe 6 zueinander und/oder gegenüber dem Statorkern 2 vorgesehen ist.

**[0042]** Jede der schlitzartigen Aufnahmenuten 4 an der inneren Mantelfläche des hohlzylindrischen Statorkern 2 weist winkelig, insbesondere rechtwinkelig zur Nut-Grundfläche 11 verlaufende Nut-Seitenwände 16, 17 auf, wie dies am besten den Fig. 2 bis 4 zu entnehmen ist. Im Querschnitt zu den Aufnahmenuten 4 betrachtet, verlaufen die Paare von einander gegenüberliegenden Nut-Seitenwänden 16, 17 je Aufnahmenut 4 parallel zueinander, sodass sogenannte parallel-flankige Aufnahmenuten 4 im Statorkern 2 ausgebildet sind. Diese zueinander parallel ausgerichteten Nut-Seitenwände 16, 17 können dabei auch stufenartig verlaufen bzw. mit Rücksprüngen 33, 34 versehen sein, wie dies den Fig. 2 bis 4 beispielhaft zu entnehmen ist. Trotz solcher Rücksprünge 33, 34 verbleiben die jeweils ausgebildeten Teilflächen der Nut-Seitenwände 16, 17 zueinander parallel ausgerichtet.

**[0043]** Eine vorbestimmte Teilmenge  $n$  der Leiterstäbe 6 in jeder Aufnahmenut 4, d.h.  $n=1$  bis  $n=x-1$  ist von der vorzugsweise einteilig ausgebildeten Isolationslage 15 umwickelt bzw. vollständig umgeben, wie dies aus den Fig. 2, 3 beispielhaft ersichtlich ist. Die Variable  $x$  steht dabei für die insgesamt vorhandene Anzahl an Leiterstäben 6 pro Aufnahmenut 4. Wie bei der Ausführungsvariante nach Fig. 4 gezeigt, kann die Isolationslage 15 in den Aufnahmenuten 4 aber auch zweiteilig ausgeführt sein bzw. mehr als zwei baulich separat ausgeführte Isolationslagenteile 29, 30 umfassen.

**[0044]** Diese Umwicklung einer Teilmenge  $n$  der insgesamt vorhanden Leiterstäbe 6 je Aufnahmenut 4 ist derart ausgeführt, dass die Isolationslage 15 zwischen wenigstens einer der Seitenflächen 18, 19 der umwickelten Teilmenge  $n$  der Leiterstäbe 6 und der nächstliegend zugeordneten Nut-Seitenwand 16 oder 17 respektive den nächstliegend zugeordneten Nut-Seitenwänden 16 und 17 der Aufnahmenut 4 doppelagig ausgebildet ist. In Fig. 2 ist gezeigt, dass die Isolationslage 15 an genau einer der beiden Seitenflächen 18, 19 der umwickelten Teilmenge  $n$  der Leiterstäbe 6, nämlich nur an der Seitenfläche 19, doppelagig verläuft. Die Isolationslage 15 kann aber auch an den beiden einander gegenüberliegenden Seitenflächen 18, 19 der umwickelten Teilmenge  $n$  der Leiterstäbe 6 zumindest abschnittsweise doppelt verlaufen, wie dies aus Fig. 3 und aus Fig. 4 ersichtlich ist.

**[0045]** Diese umwickelte Teilmenge  $n$  der Leiterstäbe 6 ist im Vergleich zu den weiteren bzw. restlichen elektrischen Leiterstäben 6 in derselben Aufnahmenut 4 derart ausgewählt, dass diese Teilmenge  $n$  der Nut-Grundfläche 11 dieser Aufnahmenut 4 nächstliegend zugeordnet ist, wie dies den Fig. 2 bis 4 zu entnehmen ist. Demnach ist die umwickelte Teilmenge  $n$  der Leiterstäbe 6 gegenüber der Spalte 8 bzw. gegenüber dem Zahnkopf 9 distanziert bzw. entfernt angeordnet.

**[0046]** Wie bei den Ausführungsformen gemäß den Fig. 2 bis Fig. 4 gezeigt, ist es zweckmäßig, wenn die Isolationslage 15 lediglich bzw. ausschließlich innerhalb eines Teilabschnittes 20 der insgesamt ausgebildeten radialen Tiefe 21 der Aufnahmenut 4 doppelagig ausgebildet ist. Dadurch wird eine Verringerung der in Kreisumfangsrichtung 10 gemessenen Zahnbreite 22 der einzelnen Statorzähne 23 gering gehalten und das unerwünschte Eintreten von magnetischer Sättigung in den Statorzähnen 23 hinten gehalten. Insbesondere kann dadurch ein möglichst hoher Schwell- bzw. Übergangswert bis zum Eintreten der magnetischen Sättigungsgrenze erzielt werden. Ein Statorzahn 23 ist Bestandteil des Statorkerns 2 und jeweils zwischen zwei in Kreisumfangsrichtung 10 unmittelbar aufeinander folgenden Aufnahmenuten 4 ausgebildet. Der Teilabschnitt 20 mit doppelagig verlaufender Isolationslage 15 ist vorzugsweise der Nut-Grundfläche 11 nächstliegend zugeordnet, also zum Zahnkopf 9 distanziert ausgebildet, wie dies den Fig. 2 bis 4 zu entnehmen ist.

**[0047]** Wie den Ausführungsvarianten gemäß den Fig. 2 bis 4 weiters zu entnehmen ist, ist die umwickelte Teilmenge  $n$  der Leiterstäbe 6 in Bezug auf ihren Querschnittsumfang von der Isolationslage 15 vollumfänglich umwickelt. Wie speziell den Ausführungsvarianten gemäß Fig. 3 oder gemäß Fig. 4 zu entnehmen ist, kann die Isolationslage 15 einen Umschlingungswinkel 24 von mehr als  $360^\circ$ , insbesondere von  $380^\circ$  bis  $540^\circ$ , in Bezug auf die Teilmenge  $n$  der Leiterstäbe 6



aufweisen.

**[0048]** Dadurch können unerwünschte Kriechstrecken zuverlässig hinten gehalten werden, ohne dabei eine übermäßige Reduzierung der Zahnbreite 22 zu verursachen.

**[0049]** Eine zweckmäßige Umwicklung mittels der Isolationslage 15 ist dann gegeben, wenn die Isolationslage 15 mit ihrem ersten Ende 25 an einer der beiden Seitenflächen 18, 19 der Teilmenge n der Leiterstäbe 6 beginnt, annähernd radial in Richtung zur zentralen Längsachse 7 des Statorkerns 2 verläuft, parallel zur Breitenrichtung 26 der Aufnahmenut 4 verläuft, in annähernd radialer Richtung in Richtung zur Nut-Grundfläche 11 verläuft, und weiter zwischen der Nut-Grundfläche 11 und der Teilmenge n an Leiterstäben 6 zurück zu dessen ersten Ende 25 verläuft, wie dies Fig. 3 und Fig. 4 zu entnehmen ist. Eine solche Umwicklung der Teilmenge n an Leiterstäben 6 kann vorteilhaft derart umgesetzt werden, dass vorab eine entsprechend gefaltete Isolationslage 15, insbesondere ein sogenanntes Isolationspapier, in die Aufnahmenuten 4 eingefügt wird und nachfolgend die entsprechende Teilmenge n an Leiterstäben 6 in die entsprechend gefaltete Isolationslage 15 eingeschoben wird.

**[0050]** Wie den Fig. 3, 4 weiters zu entnehmen ist, kann es zweckmäßig sein, wenn die Isolationslage 15 nach einer Umschlingung bzw. Umwicklung von mehr als  $360^\circ$  gegenüber der Teilmenge n der Leiterstäbe 6 einteilig weiter verläuft zwischen der Seitenfläche 27 von wenigstens einem weiteren, radial benachbarten Leiterstab 6 und der entsprechenden Nut-Seitenwand 16, wobei der wenigstens eine weitere Leiterstab 6 in radialer Richtung zur umwickelten Teilmenge n der Leiterstäbe 6 unmittelbar benachbart angeordnet ist. Die Isolationslage 15 verläuft sodann weiter in Breitenrichtung 26 der Aufnahmenut 4, weiter in annähernd radialer Richtung zwischen der gegenüberliegenden Seitenfläche 28 des wenigstens einen weiteren Leiterstabes 6 und der nächstliegend zugeordneten Nut-Seitenwand 17 in Richtung zur Nut-Grundfläche 11 und bedeckt dabei die nächstliegend zugeordnete Seitenfläche 19 der umwickelten Teilmenge n der Leiterstäbe 6 zumindest abschnittsweise doppellagig. Demnach behält die Isolationslage 15 ihren Wicklungssinn gegenüber allen Leiterstäben 6 der jeweiligen Aufnahmenut 4 bei. Entsprechend den Ausführungsvarianten in den Fig. 3, 4 verläuft dieser Wicklungssinn stets gegen den Uhrzeigersinn. Alternativ dazu ist auch ein Wicklungssinn im Uhrzeigersinn möglich. Dadurch kann ein möglichst prozessstabiler Einfügevorgang der Leiterstäbe 6 in das entsprechend vorgeformte Isolationspapier, welches vorab als Isolationslage 15 in die Aufnahmenuten 6 eingefügt sein kann, erzielt werden. Dies ist durch spiralfederartige Expansionstendenzen der Isolationslage 15 gegenüber den Nut-Seitenwänden 16, 17 und der Nut-Grundfläche 11 erklärbar.

**[0051]** Der spiralfederartige Verlauf der Isolationslage 15 in den Aufnahmenuten 4 gemäß Fig. 3 und gemäß Fig. 4 steht im Unterschied zur Ausführung nach Fig. 2 mit einem S-förmigem bzw. Achter-ähnlichem Verlauf der Isolationslage 15. Insbesondere liegt bei der Ausführungsform nach Fig. 2 ein Wechsel des Wicklungssinnes vor bzw. treten bei dieser Ausführungsform je Aufnahmenut 4 beide Wicklungsrichtungen auf.

**[0052]** Wie den Fig. 2 und 3 entnehmbar ist, kann die Isolationslage 15 zur Umwicklung der Teilmenge n der Leiterstäbe 6 und zugleich von wenigstens einem weiteren Leiterstab 6 innerhalb einer Aufnahmenut 4 einteilig ausgebildet sein. Alternativ dazu kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die Isolationslage 15 zweiteilig ausgebildet ist, wie dies in Fig. 4 veranschaulicht ist. Dabei umfasst die Isolationslage 15 einen ersten Isolationslagenteil 29 und einen zweiten Isolationslagenteil 30. Die beiden Isolationslagenteile 29, 30 wirken derart zusammen, dass sie gemeinsam einen Umschlingungswinkel 24 von mehr als  $360^\circ$  gegenüber der Teilmenge n der Leiterstäbe 6 ausführen, wie dies in Fig. 4 beispielhaft dargestellt ist. Zweckmäßig kann es dabei sein, wenn der erste Isolationslagenteil 29 im Querschnitt im Wesentlichen U-förmig ausgebildet ist und dessen Basisabschnitt 31 eine in radialer Richtung wirksame Isolationsschicht 32 zwischen der Teilmenge n der Leiterstäbe 6 und einem weiteren, in radialer Richtung unmittelbar angrenzenden Leiterstab 6 ausbildet.

**[0053]** Um die doppellagig ausgeführten Abschnitte der Isolationslage 15 einerseits verklemmungsfrei aber trotzdem unter möglichst geringer Reduzierung der Zahnquerschnitte bzw. Zahnbreiten 22 in den Aufnahmenuten 4 unterzubringen, ist vorgesehen, dass die Statorzähne 23 in

ihren der Nut-Grundfläche 11 nächstliegenden Teilabschnitten der Nut-Seitenwände 16, 17 wenigstens einen Rücksprung 33, 34 bzw. dementsprechende Freistellungen zur Unterbringung bzw. Aufnahme einer Lage der doppellagig verlaufenden Isolationslage 15 aufweist. Als Statorzahn 23 sind dabei die Abschnitte des Statorkerns 2 zu verstehen, welche zwischen zwei in Kreismfangsrichtung 10 unmittelbar benachbarten Aufnahmenuten 4 ausgebildet sind. Unerwünschte Zahnquerschnitts-Verjüngungen werden damit hinten gehalten bzw. werden dadurch Reduzierungen der Zahnbreiten 22 nur im Teilabschnitt 20 nächstliegend zur Nut-Grundfläche 11 vorgenommen. Dadurch kann die kleinste vorliegende Zahnbreite 22 der Statorzähne 23 möglichst groß beibehalten werden. Dies aufgrund des sektorartigen Verlaufes der Statorzähne 23 in Bezug auf die zentrale Längsachse 7. Bei der Ausführungsform nach Fig. 2 ist lediglich ein Rücksprung 33 in der Nut-Seitenwand 16 vorgesehen, während bei der Ausführungsform nach Fig. 3 oder 4 an beiden Nut-Seitenwänden 16, 17 jeweils ein Rücksprung 33, 34 zur Unterbringung des doppellagigen Abschnittes der Isolationslage 15 ausgebildet ist.

**[0054]** Insbesondere ist bei der Ausführungsvariante nach den Fig. 3, 4 vorgesehen, dass der Statorzahn 23 an seinen beiden in Kreismfangsrichtung 10 aufeinanderfolgenden Begrenzungsflächen, insbesondere an beiden Nut-Seitenwänden 16, 17 jeweils zumindest einen Rücksprung 33, 34 aufweist. Dadurch sind auch symmetrisch verjüngte Statorzähne 23 bzw. symmetrisch rückspringende Begrenzungswände bzw. Nut-Seitenwände 16, 17 erzielbar.

**[0055]** Letztendlich kann vorgesehen sein, dass eine in Kreismfangsrichtung 10 gemessene kleinste Zahnbreite 22 der Statorzähne 23 im Abschnitt mit dem zumindest einen Rücksprung 33, 34 weiterhin größer ist bzw. größer bleibt, als eine kleinste Zahnbreite 35 der Statorzähne 23 bei deren Zahnköpfen 9 bzw. in deren restlichen Abschnitten.

**[0056]** Wie den Ausführungsformen gemäß den Fig. 2 bis 4 zu entnehmen ist, ist es zweckmäßig, wenn zwei in radialer Richtung unmittelbar benachbart angeordnete Leiterstäbe 6 ein von der Isolationslage 15 umwickeltes Leiterstab-Paar definieren.

**[0057]** Weiters ist diesen Ausführungsformen zu entnehmen, dass sämtliche Leiterstäbe 6 innerhalb einer Aufnahmenut 4 eine gleiche auf die Kreismfangsrichtung 10 bezogene Leiterbreite 36 aufweisen und die Aufnahmenuten 4 des Statorkerns 2 einen im Wesentlichen rechteckig verlaufenden bzw. rechteckig umgrenzten Aufnahmequerschnitt aufweisen. Dadurch sind in einfacher Art und Weise hohe Füllfaktoren der Aufnahmenuten 4 mit dem Leiterwerkstoff, beispielsweise Kupfer, möglich. Dadurch können Performance-Vorteile des Stators 1 bzw. einer damit aufgebauten elektrischen Maschine erreicht werden. Eine solche elektrische Maschine kann als Motor oder als Generator ausgeführt sein.

**[0058]** Entsprechend der Umwickelungs-Ausführung nach Fig. 3 oder nach Fig. 4 definiert das erste Ende 25 bzw. der erste Endabschnitt 37 der Isolationslage 15 in Bezug zu den Seitenflächen 18, 19 des wenigstens einen Leiterstabes 6 eine innere Lage 38 und der zweite Endabschnitt 39 der Isolationslage 15 definiert eine äußere Lage 40 im doppellagigen Abschnitt der Isolationslage 15. Die selbsthemmende bzw. selbstklemmende Wirkung der Isolationslage 15 kann dadurch verbessert werden. Ein unerwünschtes Verrutschen der vorab in die Aufnahmenut 4 eingefügten Isolationslage 15 im Zuge des Fügevorganges mit den Leiterstäben 6 kann dadurch hinten gehalten werden.

**[0059]** Wie den Ausführungsvarianten gemäß den Fig. 2 bis 4 weiters zu entnehmen ist, kann in Zusammenhang mit den vorgestellten Umwickelungsvarianten vorgesehen sein, dass die Isolationslage 15 in Bezug auf die radiale Richtung zur zentralen Längsachse 7 des Statorkerns 2 ausschließlich einlagig verläuft. Insbesondere sind in Bezug auf die radiale Richtung des hohlzylindrischen Statorkerns 2 keine Doppellagigkeiten zwischen in radialer Richtung unmittelbar aufeinander folgenden Leiterstäben 6 vorhanden.

**[0060]** Beim Umwickelungsprinzip nach Fig. 2 kann auch vorgesehen sein, dass in Bezug auf Leiterstäbe 6, welche innerhalb einer Aufnahmenut 4 angeordnet sind, zwischen in radialer Richtung zueinander benachbart angeordneten Gruppen von Leiterstäben 6 ein Seitenversatz 41 in Bezug auf die Kreismfangsrichtung 10 des Statorkerns 2 vorgesehen ist. Dieser Seitenversatz

41 entspricht in etwa der Dicke der Isolationslage 15. Der Seitenversatz 41 kann somit wenige zehntel Millimeter bis etwa einen Millimeter betragen.

**[0061]** 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.

**[0062]** Der Schutzbereich ist durch die Ansprüche bestimmt. Die Beschreibung und die Zeichnungen sind jedoch zur Auslegung der Ansprüche heranzuziehen.

**[0063]** 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

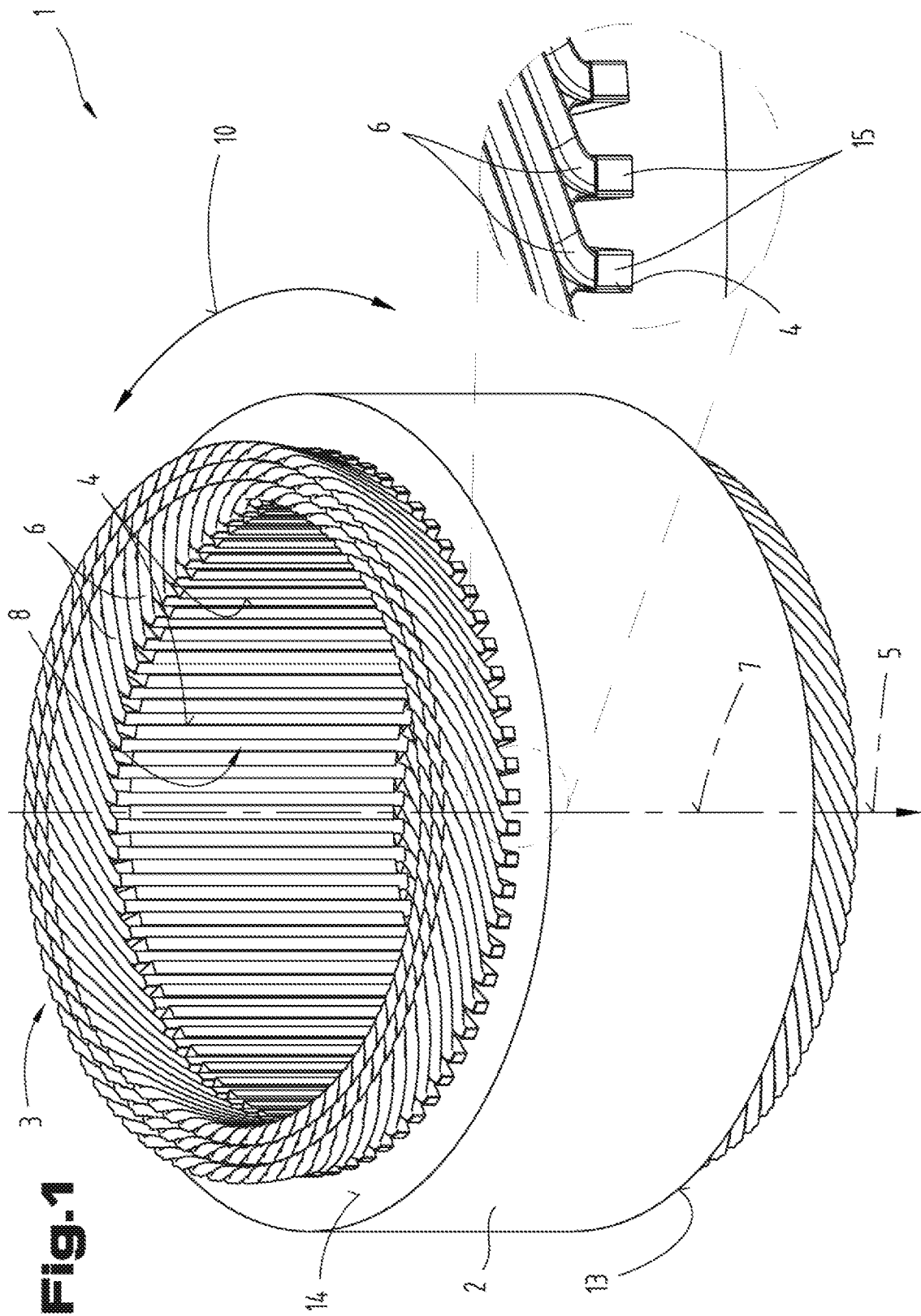
1	Stator	31	Basisabschnitt
2	Statorkern	32	Isolationsschicht
3	Statorwicklung	33	Rücksprung
4	Aufnahmenut	34	Rücksprung
5	Axialrichtung	35	kleinste Zahnbreite
6	Leiterstäbe	36	Leiterbreite
7	zentrale Längsachse	37	erster Endabschnitt
8	Spalte	38	innere Lage
9	Zahnkopf	39	zweiter Endabschnitt
10	Kreisumfangsrichtung	40	äußere Lage
11	Nut-Grundfläche	41	Seitenversatz
12	Isolationsschicht		
13	axiales Stirnende	n	Teilmenge
14	axiales Stirnende		
15	Isolationslage		
16	Nut-Seitenwand		
17	Nut-Seitenwand		
18	Seitenfläche		
19	Seitenfläche		
20	Teilabschnitt		
21	radiale Tiefe		
22	Zahnbreite		
23	Statorzahn		
24	Umschlingungswinkel		
25	erstes Ende		
26	Breitenrichtung		
27	Seitenfläche		
28	Seitenfläche		
29	erster Isolationslagenteil		
30	zweiter Isolationslagenteil		

## Patentansprüche

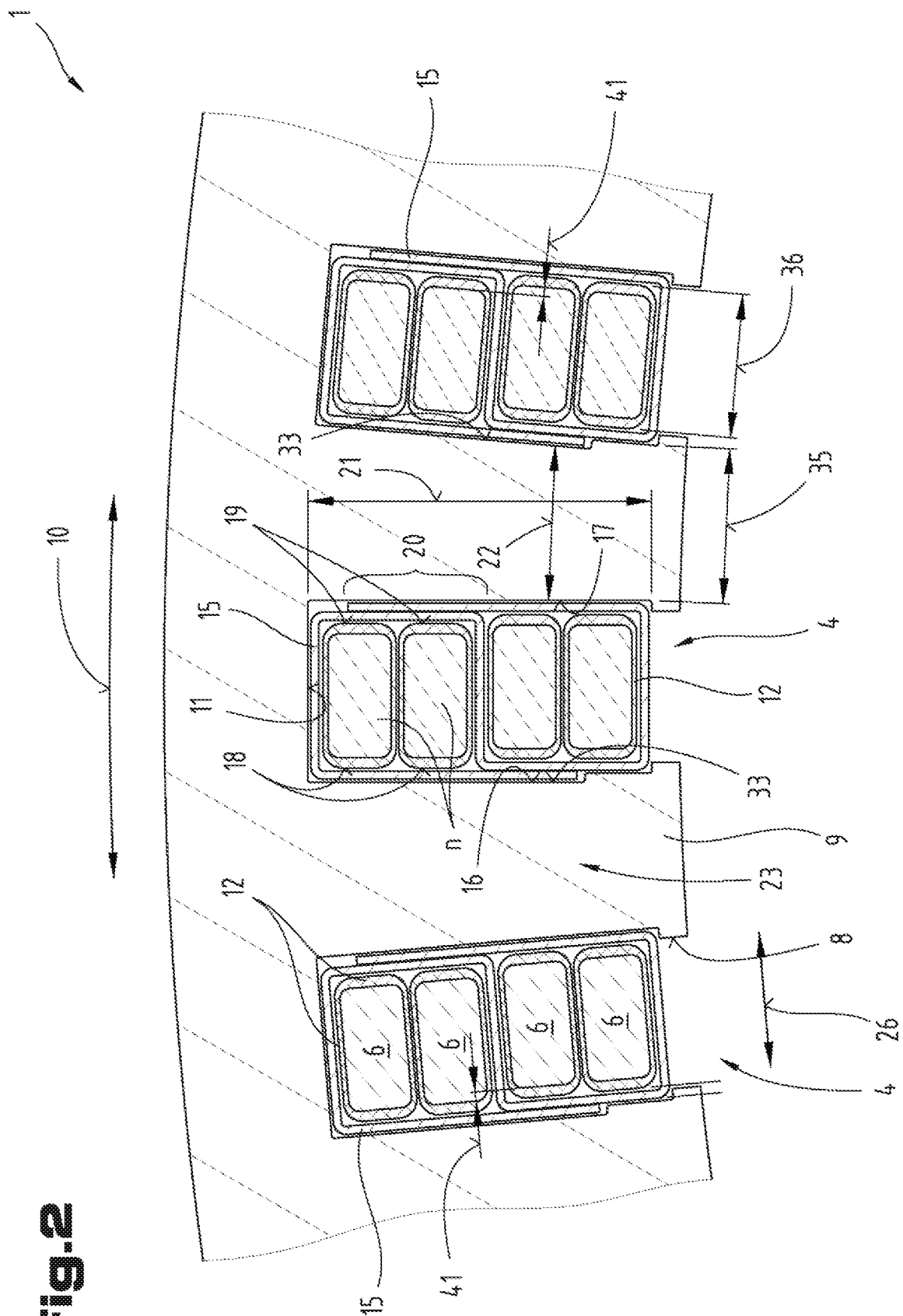
1. Stator (1) für eine elektrische Maschine, umfassend
  - einen im wesentlichen hohlzylindrischen Stator Kern (2) mit einem ersten und einem zweiten axialen Stirnende (13, 14) und mit mehreren entlang einer Kreisumfangsrichtung (10) des Stator Kerns (2) verteilt angeordneten und sich entlang einer Längsachse (7) des Stator Kerns (2) erstreckenden Aufnahmenuten (4), wobei jede der Aufnahmenuten (4) zumindest durch einander gegenüberliegende Nut-Seitenwände (16, 17) und durch eine Nut-Grundfläche (11) begrenzt ist,
  - eine Mehrzahl elektrischer Leiterstäbe (6) je Aufnahmenut (4), welche Leiterstäbe (6) einen rechteckförmigen Querschnitt aufweisen und durch vorbestimmte elektrische Verbindungen eine Statorwicklung (3) ausbilden,
  - und wenigstens eine baulich eigenständig ausgebildete, elektrische Isolationslage (15) in jeder der Aufnahmenuten (4) zur elektrischen Isolation von Leiterstäben (6) zueinander respektive gegenüber dem Stator Kern (2), wobei
  - eine Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) in jeder der Aufnahmenuten (4) von der Isolationslage (15) umwickelt ist,
  - dass die Isolationslage (15) zwischen wenigstens einer der Seitenflächen (18;19) der umwickelten Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) und der nächstliegend zugeordneten Nut-Seitenwand (16; 17) respektive den nächstliegend zugeordneten Nut-Seitenwänden (16, 17) der Aufnahmenut (4) doppelagig ausgebildet ist, und - dass diese umwickelte Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) im Vergleich zu den weiteren elektrischen Leiterstäben (6) in dieser Aufnahmenut (4) der Nut-Grundfläche (11) dieser Aufnahmenut (4) nächstliegend zugeordnet ist,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
die Isolationslage (15) nach einer Umschlingung von mehr als 360° gegenüber der Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) einteilig weiter verläuft zwischen der Seitenfläche (27) von wenigstens einem weiteren, radial benachbarten Leiterstab (6) und der entsprechenden Nut-Seitenwand (16), wobei der wenigstens eine weitere Leiterstab (6) in radialer Richtung zur umwickelten Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) unmittelbar benachbart angeordnet ist, die Isolationslage (15) sodann weiter in Breitenrichtung (26) der Aufnahmenut (4) verläuft, sodann weiter in annähernd radialer Richtung zwischen der gegenüberliegenden Seitenwand (28) des wenigstens einen weiteren Leiterstabes (6) und der nächstliegend zugeordneten Nut-Seitenwand (17) in Richtung zur Nut-Grundfläche (11) verläuft und dabei die nächstliegend zugeordnete Seitenfläche (19) der umwickelten Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) zumindest abschnittsweise doppelagig bedeckt,  
und dass die Isolationslage (15) in Bezug auf die radiale Richtung zur Längsachse (7) des Stator Kerns (2) ausschließlich einlagig verläuft.
2. Stator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolationslage (15) an den beiden einander gegenüberliegenden Seitenflächen (18, 19) der umwickelten Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) doppelt verläuft.
3. Stator nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolationslage (15) lediglich innerhalb eines Teilabschnittes (20) der radialen Tiefe (21) der Aufnahmenut (4) doppelagig ausgebildet ist.
4. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die umwickelte Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) in Bezug auf ihren Querschnittsumfang von der Isolationslage (15) vollumfänglich umwickelt ist.
5. Stator nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolationslage (15) mit ihrem ersten Ende (25) an einer der beiden Seitenflächen (18; 19) der Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) beginnt, annähernd radial in Richtung zur Längsachse (7) des Stator Kerns (2) verläuft, parallel zur Breitenrichtung (26) der Aufnahmenut (4) verläuft, in annähernd radialer Richtung in Richtung zur Nut-Grundfläche (11) verläuft, und weiter zwischen der Nut-Grundfläche (11) und der Teilmenge (n) an Leiterstäben (6) zurück zu dessen ersten Ende (25) verläuft.

6. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolationslage (15) in Bezug auf die Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) einen Umschlingungswinkel (24) von mehr als  $360^\circ$ , insbesondere von  $380^\circ$  bis  $540^\circ$  aufweist.
7. Stator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolationslage (15) zur Umwicklung der Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) und des wenigstens einen weiteren Leiterstabes (6) einteilig ausgebildet ist.
8. Stator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolationslage (15) für die Umschlingung von mehr als  $360^\circ$  gegenüber der Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) zweiteilig ausgebildet ist, wobei deren erster Isolationslagenteil (29) und deren zweiter Isolationslagenteil (30) derart zusammenwirken, dass sie gemeinsam den Umschlingungswinkel (24) von mehr als  $360^\circ$  gegenüber der Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) definieren.
9. Stator nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Isolationslagenteil (29) im Querschnitt im Wesentlichen U-förmig ausgebildet ist und dessen Basisabschnitt (31) eine in radialer Richtung wirksame Isolationsschicht (32) zwischen der Teilmenge (n) der Leiterstäbe (6) und einem weiteren, radial benachbarten Leiterstab (6) ausbildet.
10. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Statorzahn (23), welcher zwischen zwei in Kreisumfangsrichtung (10) des Statorkerns (2) unmittelbar benachbarten Aufnahmenuten (4) ausgebildet ist, in seinem der Nut-Grundfläche (11) nächstliegenden Teilabschnitt (20) in wenigstens einer der beiden Nut-Seitwände (16, 17) einen Rücksprung (33, 34) zur Unterbringung einer Lage der doppelagig verlaufenden Isolationslage (15) aufweist.
11. Stator nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Statorzahn (23) an seinen beiden in Kreisumfangsrichtung (10) aufeinanderfolgenden Begrenzungsflächen, welche durch Nut-Seitenwände (16, 17) von in Kreisumfangsrichtung (10) benachbarten Aufnahmenuten (4) definiert sind, jeweils zumindest einen Rücksprung (33, 34) aufweist.
12. Stator nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine in Kreisumfangsrichtung (10) gemessene kleinste Zahnbreite (22) des Statorzahns (23) im Abschnitt mit dem zumindest einen Rücksprung (33, 34) größer ist als eine kleinste Zahnbreite (35) des Statorzahns (23) in seinem Zahnkopf (9) oder in seinem restlichen Abschnitt.
13. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei in radialer Richtung unmittelbar benachbart angeordnete Leiterstäbe (6) ein von der Isolationslage (15) umwickeltes Leiterstab-Paar definieren.
14. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sämtliche Leiterstäbe (6) innerhalb einer Aufnahmenut (4) eine gleiche auf die Kreisumfangsrichtung (10) bezogene Leiterbreite (36) aufweisen und die Aufnahmenuten (4) des Statorkerns (2) einen im Wesentlichen rechteckig verlaufenden Aufnahmequerschnitt aufweisen.
15. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Endabschnitt (37) der Isolationslage (15) in Bezug zu den Seitenflächen (18, 19) des wenigstens einen Leiterstabes (6) eine innere Lage (38) definiert und der zweite Endabschnitt (39) der Isolationslage (15) eine äußere Lage (40) im doppelagigen Abschnitt der Isolationslage (15) definiert.
16. Stator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Bezug auf Leiterstäbe (6), welche innerhalb einer Aufnahmenut (4) angeordnet sind, zwischen in radialer Richtung zueinander benachbart angeordneten Gruppen von Leiterstäben (6) ein Seitenversatz (41) in Bezug auf die Kreisumfangsrichtung (10) des Statorkerns (2) ausgebildet ist.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

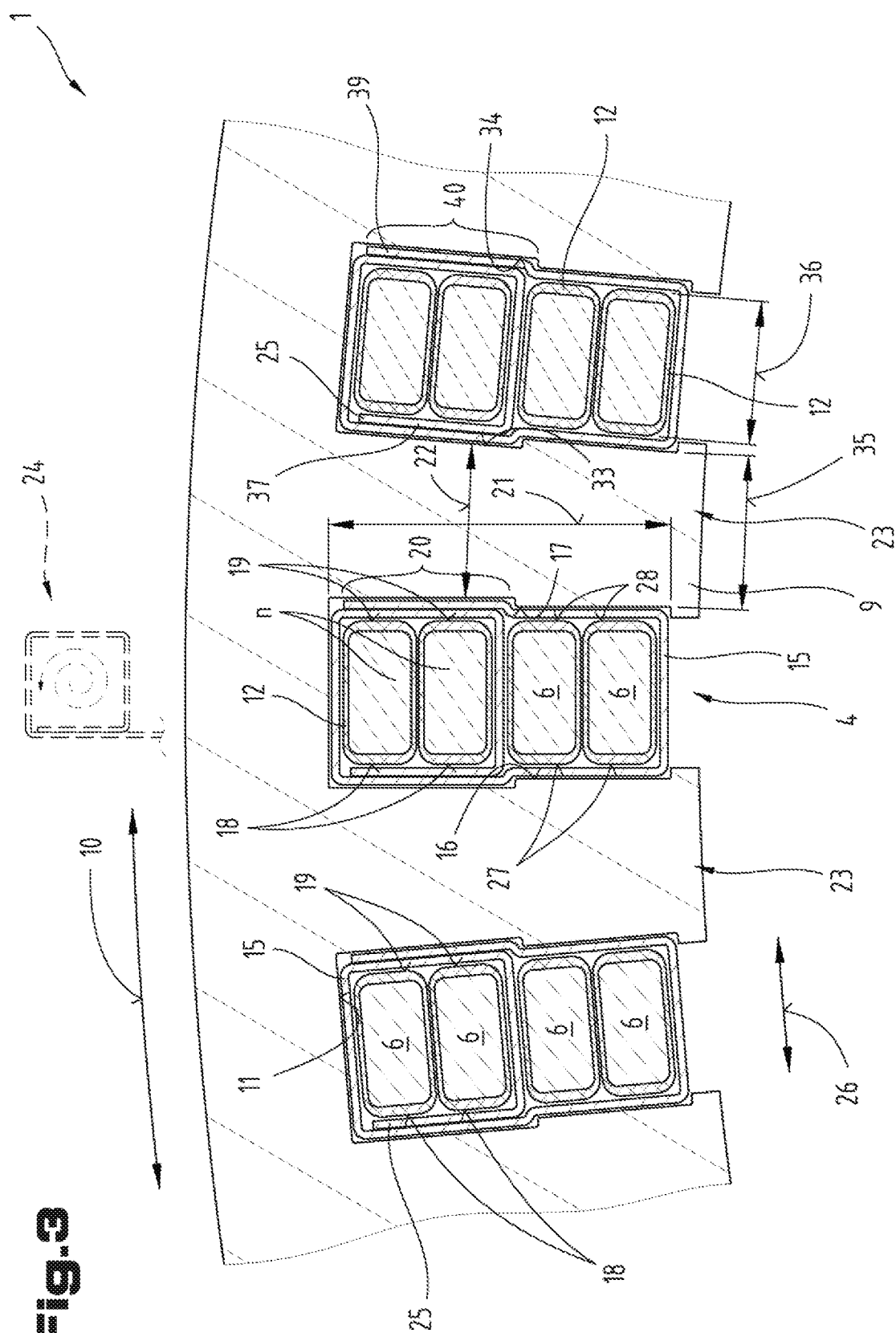


**Fig. 2**





**Fig. 3**



**Fig.4**

