

(19)



(11)

**EP 3 503 139 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**26.06.2019 Patentblatt 2019/26**

(51) Int Cl.:  
**H01F 41/02** (2006.01)      **H01F 3/04** (2006.01)  
**H01F 11/53** (2006.01)      **H01F 27/34** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17209155.5**

(22) Anmeldetag: **20.12.2017**

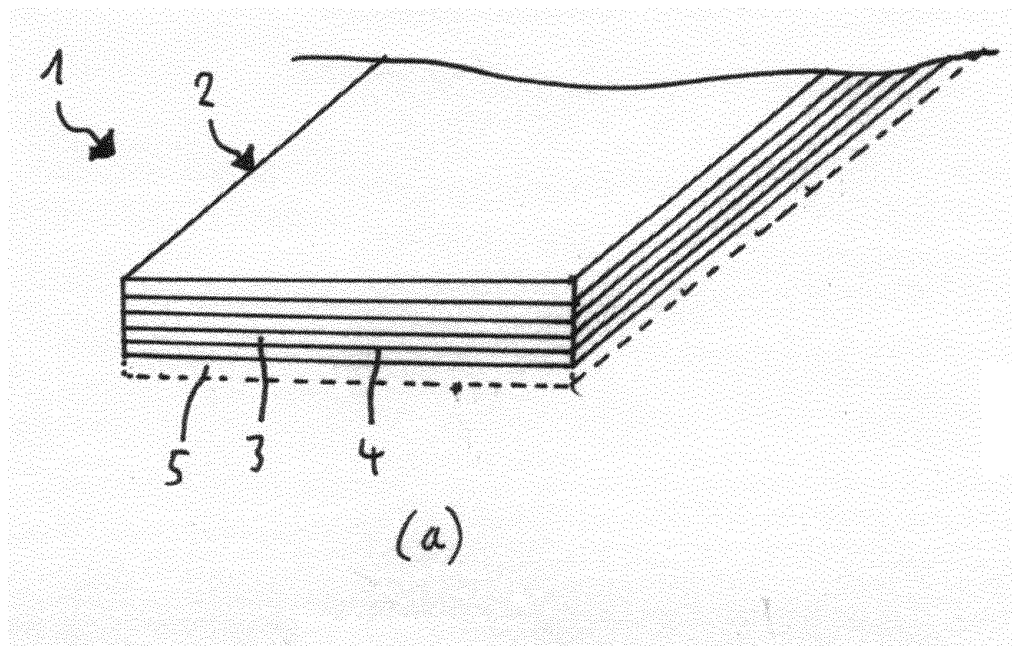
(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
 GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
 PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
 Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD TN**

(71) Anmelder: **Ehmann, Bertram**  
**89081 Ulm (DE)**  
 (72) Erfinder: **Ehmann, Bertram**  
**89081 Ulm (DE)**  
 (74) Vertreter: **Schatz, Markus Franz-Josef**  
**Kardinal-von-Galen-Straße 8**  
**46514 Schermbeck (DE)**

(54) **VERFAHREN UND HALBZEUG ZUM HERSTELLEN VON WENIGSTENS EINEM  
 PAKETABSCHNITT EINES WEICHMAGNETISCHEN BAUTEILS SOWIE PAKETABSCHNITT  
 UND WEICHMAGNETISCHES BAUTEIL**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von wenigstens einem Paketabschnitt eines weichmagnetischen Bauteils einer elektrischen Maschine. Um die Kosten zur Herstellung von weichmagnetischen Bauteilen elektrischer Maschinen zu reduzieren, umfasst das Verfahren die Schritte: kontinuierliches Herstellen einer bandförmigen, weichmagnetischen Folie (3) mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus

einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, unter Verwendung eines Gießverfahrens; kontinuierliches Herstellen eines bandförmigen Folienverbunds (2) durch kontinuierliches stoffschlüssiges Verbinden der Folie mit wenigstens einer entsprechend hergestellten weiteren Folie (3); und Herstellen des Paketabschnitts unter Verwendung des Folienverbunds (2).



**Fig. 2**

**EP 3 503 139 A1**

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von wenigstens einem Paketabschnitt eines weichmagnetischen Bauteils einer elektrischen Maschine, ein Halbzeug zur Herstellung von wenigstens einem Paketabschnitt eines weichmagnetischen Bauteils einer elektrischen Maschine, einen Paketabschnitt für ein weichmagnetisches Bauteil einer elektrischen Maschine und ein weichmagnetisches Bauteil für eine elektrische Maschine.

### Stand der Technik

**[0002]** Elektrische Maschinen in Form von Transformatoren wandeln eine Eingangswchselspannung in eine von der Eingangswchselspannung abweichende Ausgangswchselspannung. Transformatoren werden beispielsweise zur Spannungswandlung in Energieversorgungsanlagen und in elektrischen Geräten eingesetzt.

**[0003]** Ein Transformator weist für jede Phase der zu wandelnden Eingangswchselspannung eine Primärspule und eine Sekundärspule auf, die an einem gemeinsamen Transformatorenkern angeordnet sind, der aus ferromagnetischen Werkstoffen oder Ferriten hergestellt ist. Der Transformatorenkern bündelt in Verbindung mit den Spulen den magnetischen Fluss und vergrößert die Induktivität und die magnetische Flussdichte des Transformators. Der Transformatorenkern kann aus einem Blechpaket aus mehreren elektrisch voneinander isolierten Transformatorblechen aufweisen. Hierdurch können Wirbelstromverluste des Transformators bei der Spannungswandlung reduziert werden.

**[0004]** Ein Drehstromtransformator weist einen weichmagnetischen Transformatorenkern auf, der drei parallel zueinander verlaufende Schenkel und zwei jeweils endseitig mit den Schenkeln verbundene Joche aufweist. An jedem Schenkel sind eine Primärspule und eine Sekundärspule derselben Stromphase angeordnet. Eines der Joche kann monolithisch mit den drei Schenkeln verbunden sein, wodurch ein E-förmig ausgebildeter Abschnitt des Transformatorenkerns gebildet wird. Nachdem die Spulen an den Schenkeln angeordnet worden sind, kann das zweite Joch mit den freien Enden der Schenkel verbunden werden.

**[0005]** DE 10 2009 048 658 A1 offenbart einen Transformatorkern, aufweisend weichmagnetische Schichten eines elektrisch leitfähigen Kernmaterials mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur, die durch Trennschichten eines elektrisch isolierenden Materials voneinander getrennt sind. Mehrere der weichmagnetischen Schichten bilden zumindest mit den zwischen ihnen liegenden Trennschichten einen monolithischen Verbund. Der Transformatorkern besteht also aus einem Blechpaket, wobei die Transformatorbleche jeweils voll-

ständig aus einem monolithischen Verbund weichmagnetischer Schichten und Trennschichten besteht. Zur Herstellung des Transformatorenkerns wird eine weichmagnetische Schicht aus einem elektrisch leitfähigen Kernmaterial elektrochemisch auf einem Grundkörper abgeschieden. Auf der weichmagnetischen Schicht wird eine elektrisch isolierende Trennschicht erzeugt. Diese Vorgänge werden wiederholt, bis der Transformatorkern die vorgesehene Gestalt erreicht hat. Als weichmagnetische Schicht werden mindestens ein weichmagnetisches Element, insbesondere eines oder mehrere der Elemente Eisen (Fe), Nickel (Ni) oder Cobalt (Co), und mindestens ein glasbildendes Element, insbesondere Phosphor (P) und/oder Bor (B), gemeinsam abgeschieden.

**[0006]** Die Ausbildung eines Transformatorenkerns unter Verwendung von weichmagnetischen amorphen Schichten geht mit einer Verringerung der Verluste am Transformatorenkern während seines Einsatzes in einem Transformator einher. Dies liegt an der geringeren magnetischen Koerzitivfeldstärke, so dass Hystereseverluste beim Ummagnetisieren des Transformatorenkerns kleingehalten werden können.

### Offenbarung der Erfindung

**[0007]** Eine Aufgabe der Erfindung ist es, die Kosten zur Herstellung von weichmagnetischen Bauteilen energieeffizienter elektrischer Maschinen zu reduzieren.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Patentansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung und den Figuren wiedergegeben, wobei diese Ausgestaltungen jeweils für sich genommen oder in verschiedener Kombination von wenigstens zwei dieser Ausgestaltungen miteinander einen vorteilhaften und/oder weiterbildenden Aspekt der Erfindung darstellen können. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens können dabei vorteilhaften Ausgestaltungen des Halbzeugs, des Paketabschnitts und/oder des weichmagnetischen Bauteils entsprechen, und umgekehrt, selbst wenn hierauf im Folgenden nicht explizit hingewiesen wird.

**[0009]** Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Herstellen von wenigstens einem Paketabschnitt eines weichmagnetischen Bauteils einer elektrischen Maschine umfasst die Schritte:

- kontinuierliches Herstellen einer bandförmigen, weichmagnetischen Folie mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, unter Verwendung eines Gießverfahrens;
- kontinuierliches Herstellen eines bandförmigen Folienverbunds durch kontinuierliches stoffschlüssiges Verbinden der Folie mit wenigstens einer entsprechend hergestellten weiteren Folie; und
- Herstellen des Paketabschnitts unter Verwendung

des Folienverbunds.

**[0010]** Erfindungsgemäß kann ein Halbzeug zur Herstellung von wenigstens einem Paketabschnitt eines weichmagnetischen Bauteils einer elektrischen Maschine im Vergleich zum Stand der Technik relativ schnell hergestellt werden, bei dem beispielsweise die einzelnen Schichten eines Transformator kernpakets nacheinander abgeschieden werden, wie es beispielsweise aus DE 10 2009 048 658 A1 bekannt ist. Hierzu muss deutlich mehr Zeit aufgewendet werden als bei der erfindungsgemäßen Herstellung von wenigstens einem Paketabschnitt des weichmagnetischen Bauteils der elektrischen Maschine. Dies macht die erfindungsgemäße Herstellung von wenigstens einem Paketabschnitt des weichmagnetischen Bauteils der elektrischen Maschine deutlich kostengünstiger als die herkömmliche Herstellung eines Transformator kernpakets.

**[0011]** Unter einem Paketabschnitt ist im Rahmen der Erfindung ein Abschnitt des weichmagnetischen Bauteils zu verstehen, bei dem wenigstens zwei verschiedene Schichten im Wechsel übereinandergeschichtet sind, wodurch ein Schichtverbund gebildet wird, der im Rahmen der Erfindung als Paket bezeichnet wird.

**[0012]** Die elektrische Maschine kann eine ruhende elektrische Maschine sein, beispielsweise ein Transformator, ein Relais, ein Schaltschütz, eine Drosselspule, eine Zündspule, ein Stromzähler oder ein steuerbarer Ablenk magnet. Hierbei ist das weichmagnetische Bauteil als weichmagnetischer Kern der ruhenden elektrischen Maschine ausgebildet, der durch wenigstens eine elektrische Spule der ruhenden elektrischen Maschine verläuft. Alternativ kann die elektrische Maschine eine rotierende elektrische Maschine sein, beispielsweise ein Elektromotor oder ein elektrischer Generator. Hierbei ist das weichmagnetische Bauteil der rotierenden elektrischen Maschine als Rotorbauteil oder Statorbauteil ausgebildet.

**[0013]** Schon das kontinuierliche Herstellen der bandförmigen, weichmagnetischen Folie mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, unter Verwendung eines Gießverfahrens kann schneller durchgeführt werden als ein herkömmliches sukzessives Abscheiden einzelner Schichten bestimmter Form und Größe. Zum erfindungsgemäßen kontinuierlichen Herstellen der amorphen Folie wird zunächst eine Schmelze aus der Eisenlegierung hergestellt, beispielsweise unter Verwendung eines Induktionsschmelzofens. Die Schmelze kann anschließend auf eine sich drehende Walze aufgegossen werden, wo die Schmelze unter Bildung der amorphen Folie fortschreitend abgekühlt wird bzw. unter Bildung der amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur erstarrt. Die so gebildete amorphe Folie kann von der Walze abgezogen und nach eventuellen weiteren Ver- und/oder Bearbeitungsschritten zu einer Folienrolle aufgehaspelt werden. Für weitere Verfahrensschritte kann dann die amorphe Folie wieder ab-

gehaspelt werden.

**[0014]** Dass die amorphe Folie kontinuierlich hergestellt wird, bedeutet im Rahmen der Erfindung also, dass die amorphe Folie nicht in bestimmter Größe und Formgebung, die an eine Größe und eine Formgebung eines herzustellenden weichmagnetischen Bauteils angepasst ist, sondern als langgestreckt ausgebildetes Band ausgebildet wird, das eine Länge von beispielsweise mehreren 10.000 m aufweisen kann. Die Dicke der amorphen Folie kann beispielsweise in einem Bereich von etwa 20  $\mu\text{m}$  bis etwa 60  $\mu\text{m}$  liegen. Die maximale Breite der amorphen Folie kann beispielsweise in einem Bereich von etwa 180 mm bis etwa 300 mm, insbesondere bis etwa 400 mm, liegen. Bei einer Dicke von etwa 25  $\mu\text{m}$  kann die Länge der amorphen Folie beispielsweise 35.000 m betragen.

**[0015]** Die Eisenlegierung enthält vorzugsweise wenigstens ein weichmagnetisches Element, insbesondere eines oder mehrere der Elemente Fe, Silicium (Si), Ni oder Co, und wenigstens ein glasbildendes Element, insbesondere P und/oder B. Die bei der Abkühlung der oben genannten Schmelze Glas bildenden Elemente dienen der Ausbildung der amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur der Folie.

**[0016]** Zudem ist das kontinuierliche Herstellen des bandförmigen Folienverbunds durch kontinuierliches, insbesondere flächiges oder lokales, stoffschlüssiges Verbinden der amorphen Folie mit wenigstens einer entsprechend hergestellten weiteren amorphen Folie deutlich schneller durchführbar als die herkömmliche Herstellung eines speziellen Folienverbunds durch Abscheiden einzelner Schichten, wie es beispielsweise DE 10 2009 048 658 A1 offenbart. Die beiden amorphen Folien können zum kontinuierlichen Herstellen des bandförmigen Folienverbunds beispielsweise gleichzeitig von verschiedenen Folienrollen abgehaspelt werden.

**[0017]** Auf wenigstens einen der beiden abgehaspelten Folienabschnitte kann zur Ausbildung des Stoffschlusses zwischen den amorphen Folien beispielsweise ein Klebstoff während des weitergehenden Abhaspeln der amorphen Folien kontinuierlich aufgebracht werden, beispielsweise mittels einer Auftragsrolle oder durch Aufsprühen des Klebstoffs oder durch kontinuierliches Abscheiden, beispielsweise Gasphasenabscheiden oder plasmainduziertes Materialabscheiden, insbesondere von Aluminiumoxid oder dergleichen. Der Klebstoff kann alternativ punktförmig oder in Linien aufgebracht werden. Der Klebstoff bildet eine Klebstoffschicht zwischen jeweils zwei benachbart zueinander angeordneten amorphen Folien des Folienverbunds, die elektrisch isolierend sein kann, um die amorphen Folien elektrisch voneinander zu trennen. Hierdurch können Wirbelstromverluste einer elektrischen Maschine mit einem entsprechend aufgebauten weichmagnetischen Bauteil möglichst geringgehalten werden.

**[0018]** Alternativ kann die Klebstoffschicht keine oder nur eine geringe elektrische Isolation bewirken, wobei die elektrische Trennung der amorphen Folien unterein-

ander auf eine andere Art und Weise erfolgen kann. Beispielsweise kann wenigstens eine Hauptseite einer amorphen Folie, beispielsweise durch einen Diffusionsvorgang oder dergleichen, derart behandelt werden, dass ein an die Hauptseite angrenzender Abschnitt der amorphen Folie im Vergleich zu der übrigen amorphen Folie eine reduzierte elektrische Leitfähigkeit aufweist, die zur elektrischen Isolierung zwischen miteinander verbundenen amorphen Folien verwendet wird.

**[0019]** Alternativ kann während des weitergehenden Abhaspeln der amorphen Folien ein anderes Mittel, beispielsweise ein Öl, auf wenigstens einen der beiden abgehaspelten Folienabschnitte kontinuierlich aufgebracht werden, das eine Adhäsion zwischen den amorphen Folien erzeugt oder verstärkt. Das Mittel kann alternativ punktförmig oder in Linien aufgebracht werden. Weiter alternativ kann der Stoffschluss zwischen den amorphen Folien dadurch erzeugt werden, dass zumindest eine Verbindungsseite von wenigstens einer amorphen Folie vor dem Zusammenführen der amorphen Folien zumindest bereichsweise erwärmt und dadurch teilweise geschmolzen wird, so dass der geschmolzene Werkstoff dieser amorphen Folie an der anderen amorphen Folie erstarrt und den Stoffschluss bewirkt.

**[0020]** Erfindungsgemäß werden also wenigstens zwei bandförmige, weichmagnetische Folien jeweils mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, unter Verwendung eines Gießverfahrens kontinuierlich hergestellt. Dies kann bedeuten, dass die beiden amorphen Folien in voneinander getrennten Herstellungsprozessen separat oder in einem gemeinsamen Herstellungsprozess unmittelbar aufeinanderfolgend hergestellt werden, wobei in letzterem Fall die beiden amorphen Folien abgetrennte Abschnitte desselben Gussstrangs sind.

**[0021]** Die amorphe Folie kann zur Herstellung des Folienverbunds auch mit zwei oder mehreren, beispielsweise zwei bis sieben, weiteren amorphen Folien verbunden werden, wobei der Folienverbund dadurch eine entsprechende Anzahl von Folienschichten aufweist. Der Folienverbund kann anschließend zu einer Folienverbundrolle aufgehaspelt werden, um für weitere Ver- und/oder Bearbeitungsschritte zur Verfügung zu stehen. Ein Folienverbund mit fünf Schichten aus amorphen Folien mit einer jeweiligen Dicke von etwa 25 µm kann beispielsweise mit einer Länge von etwa 7.000 m hergestellt werden. Die Dicke des Folienverbunds kann beispielsweise in einem Bereich von etwa 40 µm bis etwa 400 µm liegen. Der Folienverbund stellt im Rahmen der Erfindung ein erstes Halbzeug zur Herstellung eines weichmagnetischen Bauteils einer elektrischen Maschine dar.

**[0022]** Vor dem Aufhaspeln des Folienverbunds kann wenigstens eine elektrisch isolierende Trennschicht zumindest einseitig kontinuierlich flächig auf den Folienverbund aufgebracht oder an dem Folienverbund ausgebildet werden. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn der Folienverbund später mit wenigstens einem entspre-

chend hergestellten weiteren Folienverbund verbunden werden soll, da dann die Folienverbunde zur Reduzierung von Wirbelstromverlusten elektrisch voneinander getrennt sind. Alternativ kann auch zum Verbinden der Folienverbunde ein elektrisch isolierender Klebstoff eingesetzt werden. Es kann auch an jeder Seite des Folienverbunds jeweils eine elektrisch isolierende Trennschicht angeordnet werden. Der mit der wenigstens einen Trennschicht versehene Folienverbund kann anschließend zu einer Folienverbundrolle aufgehaspelt werden, um für eine weitere Ver- und/oder Bearbeitung zur Verfügung zu stehen. Der mit der wenigstens einen Trennschicht versehene Folienverbund stellt eine Ausführungsvariante des oben genannten ersten Halbzeugs dar. Die Trennschicht kann beispielsweise derart einseitig an dem Folienverbund ausgebildet werden, indem die entsprechende Hauptseite des Folienverbunds, beispielsweise durch einen Diffusionsvorgang oder dergleichen, derart behandelt werden, dass ein an die Hauptseite angrenzender Abschnitt des Folienverbunds im Vergleich zu dem übrigen Folienverbund eine reduzierte elektrische Leitfähigkeit aufweist, die zur elektrischen Isolierung zwischen miteinander verbundenen Folienverbunden verwendet wird.

**[0023]** Das kontinuierliche Aufbringen oder Ausbilden von wenigstens einer elektrisch isolierenden Trennschicht zumindest einseitig flächig auf den bzw. an dem Folienverbund ist deutlich schneller durchführbar als beispielsweise das Abscheiden von Trennschichten entsprechend DE 10 2009 048 658 A1. Das Aufbringen der elektrisch isolierenden Trennschicht auf den Folienverbund kann durch ein kontinuierliches stoffschlüssiges Verbinden, beispielsweise unter Verwendung eines aufgespritzten Klebstoffs oder anderweitigen Adhäsionsmittels, des Folienverbunds mit einer die Trennschicht bildenden Folie erfolgen. Das kontinuierliche Aufbringen der Trennschicht kann alternativ durch kontinuierliches Auftragen einer elektrisch isolierenden Schicht auf die jeweilige amorphe Folie beispielsweise mittels einer Auftragsrolle oder durch Aufspritzen des Klebstoffs oder durch kontinuierliches Abscheiden, beispielsweise Gasphasenabscheiden oder plasmainduziertes Materialabscheiden, insbesondere von Aluminiumoxid oder dergleichen, erfolgen. Das Ausbilden der elektrisch isolierenden Trennschicht an dem Folienverbund kann beispielsweise durch ein kontinuierliches Auftragen, beispielsweise mittels einer Auftragsrolle oder durch Aufspritzen, eines Isolationswerkstoffs auf den Folienverbund erfolgen, der nach seinem Auftragen möglichst schnell unter Bildung der Trennschicht aushärtet. Alternativ kann das Ausbilden der Trennschicht an dem Folienverbund durch das oben beschriebene Behandeln einer Hauptseite des Folienverbunds erfolgen. Die hier zur der kontinuierlichen Aufbringung bzw. Ausbildung der Trennschicht gemachten Ausführungen und Ausgestaltungen sind entsprechend auf die in der übrigen Anmeldung genannten Trennschichten übertragbar.

**[0024]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann

ein einzelner Paketabschnitt des weichmagnetischen Bauteils der elektrischen Maschine hergestellt werden. Alternativ können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch zwei oder mehrere Paketabschnitte des weichmagnetischen Bauteils der elektrischen Maschine oder sogar alle Paketabschnitte des weichmagnetischen Bauteils der elektrischen Maschine hergestellt werden. Des Weiteren kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren das gesamte weichmagnetische Bauteil der elektrischen Maschine hergestellt werden.

**[0025]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung wird vor der Herstellung des Folienverbunds wenigstens einer elektrisch isolierenden Trennschicht zumindest einseitig kontinuierlich flächig auf jede der Folien aufgebracht oder an jeder der Folien ausgebildet. Auch das kontinuierliche Aufbringen oder Ausbilden von wenigstens einer elektrisch isolierenden Trennschicht zumindest einseitig flächig auf die bzw. an der jeweiligen amorphen Folie ist deutlich schneller durchführbar als beispielsweise das Abscheiden von Trennschichten entsprechend DE 10 2009 048 658 A1. Das Aufbringen der elektrisch isolierenden Trennschicht auf die jeweilige amorphe Folie kann durch ein kontinuierliches stoffschlüssiges Verbinden, beispielsweise unter Verwendung eines aufgesprühten Klebstoffs oder eines anderen Adhäsionsmittels, der amorphen Folie mit einer die Trennschicht bildenden Folie erfolgen. Das Ausbilden der elektrisch isolierenden Trennschicht an der jeweiligen amorphen Folie kann beispielsweise durch ein kontinuierliches Auftragen, beispielsweise mittels einer Auftragsrolle oder durch Aufsprühen, eines Isolationswerkstoffs auf die amorphe Folie erfolgen, der nach seinem Auftragen möglichst schnell unter Bildung der Trennschicht aushärtet. Alternativ kann das Ausbilden der Trennschicht an der jeweiligen amorphen Folie durch das oben beschriebene Behandeln einer Hauptseite der amorphen Folie erfolgen. Es kann auch an jeder Seite der jeweiligen amorphen Folie jeweils eine elektrisch isolierende Trennschicht angeordnet bzw. ausgebildet werden. Die jeweilige mit der wenigstens einen Trennschicht versehene amorphe Folie kann anschließend zu einer Folienrolle aufgehäspelt werden, um für eine weitere Ver- und/oder Bearbeitung zur Verfügung zu stehen. Die Anordnung bzw. Ausbildung von wenigstens einer Trennschicht an jeder der amorphen Folien stellt eine Ausführungsvariante des oben genannten ersten Halbzeugs zur Herstellung des Paketabschnitts eines weichmagnetischen Bauteils einer elektrischen Maschine dar.

**[0026]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung umfasst das Verfahren die weiteren Schritte: kontinuierliches Längsteilen des Folienverbunds an wenigstens einer Stelle eines Querschnitts des Folienverbunds; kontinuierliches Längsteilen von wenigstens einem entsprechend hergestellten weiteren Folienverbund an wenigstens einer Stelle eines Querschnitts des weiteren Folienverbunds, wobei der Folienverbund bezüglich einer Querschnittsbreite an einer anderen Stelle längsteilt wird als der weitere Folienverbund; und kontinuierliches Her-

stellen eines wenigstens zweilagigen, bandförmigen Mehrkomponentenverbunds durch kontinuierliches stoffschlüssiges Verbinden der längsgeteilten Folienverbunde miteinander. Der bandförmige Mehrkomponentenverbund stellt im Rahmen der Erfindung ein zweites Halbzeug zur Herstellung des Paketabschnitts eines weichmagnetischen Bauteils einer elektrischen Maschine dar. Der Mehrkomponentenverbund kann zu einer Verbundrolle aufgehäspelt werden, um für eine spätere Ver- und/oder Bearbeitung zur Verfügung zu stehen. Durch ein versetztes Anordnen von durch die jeweilige Längsteilung des jeweiligen Folienverbunds erzeugten Verbundabschnitten und stoffschlüssiges Verbinden der Verbundabschnitte kann ein Mehrkomponentenverbund beliebiger Breite hergestellt werden.

**[0027]** Der Folienverbund kann beispielsweise an einer einzelnen Stelle seiner Querschnittsfläche längsgeteilt sein, während der weitere Folienverbund beispielsweise an zwei Stellen seiner Querschnittsfläche, die der Querschnittsfläche des erstgenannten Folienverbunds entspricht, längsgeteilt sein kann. Der Mehrkomponentenverbund kann durch eine abwechselnde Anordnung dieser beiden Folienverbunde ausgebildet werden, wobei der Mehrkomponentenverbund auch aus mehr als zwei Folienverbunden gebildet sein kann. Die einzelnen Folienverbunde können auch eine andere Anzahl an Längsteilungen aufweisen. Für die Ausbildung des Mehrkomponentenverbunds ist es wesentlich, dass Längsteilungen von benachbart angeordneten Folienverbunden bezüglich der Längserstreckung des Mehrkomponentenverbunds versetzt zueinander angeordnet sind bzw. in Dickenrichtung des Mehrkomponentenverbunds nicht fluchtend zueinander angeordnet sind.

**[0028]** Das kontinuierliche stoffschlüssige Verbinden der Folienverbunde miteinander kann mittels eines Klebstoffs oder eines anderen Adhäsionsmittels erfolgen, der bzw. das mittels einer Auftragsrolle oder durch Aufsprühen kontinuierlich auf wenigstens einen der Folienverbunde aufgetragen wird. Der Klebstoff bzw. das Adhäsionsmittel kann elektrisch isolierend ausgebildet sein. Die Breite des Mehrkomponentenverbunds kann beispielsweise in einem Bereich von etwa 200 mm bis etwa 1000 mm liegen. Die Dicke des Mehrkomponentenverbunds kann beispielsweise in einem Bereich von etwa 40 µm bis etwa 2000 µm liegen.

**[0029]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird ein wenigstens zweilagiger, bandförmiger Mehrkomponentenverbund durch kontinuierliches stoffschlüssiges Verbinden des Folienverbunds mit wenigstens einem entsprechend hergestellten weiteren Folienverbund hergestellt. Dieser bandförmige Mehrkomponentenverbund stellt im Rahmen der Erfindung ein zum oben genannten zweiten Halbzeug alternatives Halbzeug zur Herstellung des Paketabschnitts eines weichmagnetischen Bauteils einer elektrischen Maschine dar. Der Mehrkomponentenverbund kann auch aus mehr als zwei Folienverbunden gebildet sein. Der Mehrkomponentenverbund kann zu einer Verbundrolle aufgehäspelt

werden, um für eine spätere Ver- und/oder Bearbeitung zur Verfügung zu stehen.

**[0030]** Das stoffschlüssige Verbinden der Folienverbunde kann mittels eines Klebstoffs oder eines anderen Adhäsionsmittels erfolgen, der bzw. das mittels einer Auftragsrolle oder durch Aufsprühen kontinuierlich auf wenigstens einen der Folienverbunde aufgetragen wird. Der Klebstoff bzw. das Adhäsionsmittel kann elektrisch isolierend ausgebildet sein. Die Breite des Mehrkomponentenverbunds kann beispielsweise in einem Bereich von etwa 40 mm bis etwa 250 mm liegen. Die Dicke des Mehrkomponentenverbunds kann beispielsweise in einem Bereich von etwa 40  $\mu\text{m}$  bis etwa 2000  $\mu\text{m}$  liegen.

**[0031]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird wenigstens ein Verbundkörper hergestellt, indem Verbundabschnitte des Mehrkomponentenverbunds von dem übrigen Mehrkomponentenverbund abgetrennt, gestapelt und stoffschlüssig miteinander verbunden werden. Hierdurch können Halbzeuge zur Herstellung des Paketabschnitts eines weichmagnetischen Bauteils einer elektrischen Maschine in Form monolithische Verbundkörper mit bestimmter Größe und Formgebung hergestellt werden. Die Dicke eines solchen Verbundkörpers kann beispielsweise in einem Bereich von etwa 3 mm bis etwa 400 mm liegen. Die Breite eines solchen Verbundkörpers kann beispielsweise in einem Bereich von etwa 30 mm bis 1000 mm liegen. Die Länge eines solchen Verbundkörpers kann beispielsweise in einem Bereich von etwa 100 mm bis 2500 mm liegen. Die Verbundabschnitte können beispielsweise derart ausgewählt, gestapelt und stoffschlüssig miteinander verbunden werden, dass der jeweilig daraus gebildete Verbundkörper beispielsweise eine rechteckige, trapezförmige oder anderweitig ausgebildete Schnittfläche aufweist. Auch kann an wenigstens einer Seitenfläche des jeweilig gebildeten Verbundkörpers wenigstens eine Nut oder dergleichen ausgebildet sein. Die Verbundabschnitte können unterschiedlich dick, lang und/oder breit ausgebildet sein, um eine stufenartige Abschrägung des jeweilig daraus gebildeten Verbundkörpers zu erzeugen.

**[0032]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird der Paketabschnitt durch stoffschlüssiges Verbinden von Verbundkörpern gleicher oder verschiedener Breite und/oder Länge hergestellt, wobei eine Querschnittsfläche des Paketabschnitts durch die Verwendung von Verbundkörpern verschiedener Breite bzw. Länge an wenigstens einem Eckbereich mit einer Abstufung ausgebildet wird. Hierdurch kann einem Paketabschnitt beispielsweise in Form eines spulenaufnehmenden Schenkels des Transformatorenkerns eine im Querschnitt annähernd kreisförmige, elliptische oder ovale Querschnittsfläche verliehen werden, wozu jeder Eckbereich mit einer entsprechenden Abstufung ausgebildet wird. Ein als Joch des Transformatorenkerns ausgebildeter Paketabschnitt kann beispielsweise eine rechteckige Querschnittsfläche aufweisen. Die Verbundkörper können über einen Klebstoff oder ein anderes Adhäsionsmittel miteinander verbunden werden. Der Klebstoff

bzw. das Adhäsionsmittel kann elektrisch isolierend ausgebildet sein.

**[0033]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung werden wenigstens zwei Paketabschnitte entsprechend hergestellt und stoffschlüssig und/oder formschlüssig miteinander verbunden. Der eine Paketabschnitt kann beispielsweise ein Joch des Transformatorenkerns sein, während der andere Paketabschnitt beispielsweise ein Schenkel zur Anordnung von Spulen sein kann. Das weichmagnetische Bauteil kann auch mehr als zwei entsprechende Paketabschnitte aufweisen und beispielsweise vollständig aus entsprechenden Paketabschnitten gebildet sein. Zur Herstellung eines weichmagnetischen Bauteils in Form eines Transformatorenkerns für einen Drehstromtransformator kann beispielsweise ein E-förmig ausgebildetes Bauteil gebildet werden, das einen als Joch ausgebildeten Paketabschnitt und drei als Schenkel ausgebildete Paketabschnitte aufweist. Ein weiterer Paketabschnitt des Transformatorenkerns ist ebenfalls als Joch ausgebildet, das nach Anordnung der Spulen an den Schenkeln mit den freien Enden der Schenkel verbunden wird.

**[0034]** Wenigstens ein Schenkel kann über einen stumpfen Stoß, also bei einem Schnittwinkel von  $90^\circ$ , und stoffschlüssig mit dem jeweiligen Joch verbunden sein. Jedoch kann wenigstens ein Schenkel auch unter Verwendung eines anderen Schnittwinkels, beispielsweise eines Schnittwinkels von  $45^\circ$ , mit dem Joch verbunden sein. Alternativ können die Verbindungsabschnitte des jeweiligen Schenkels und des jeweiligen Jochs derart ausgebildet werden, dass sich Abschnitte von Schenkel und Joch gegenseitig überlappen. Die einander überlappenden Abschnitte können stoffschlüssig miteinander verbunden werden. Alternativ kann ein Verbindungsabschnitt eines Schenkels sogenannte Step-Lap-Schichtung aufweisen. Die einzelnen Schenkel eines Transformatorenkerns können auf verschiedene Art und Weise ausgebildet und mit dem jeweiligen Joch verbunden sein. Zudem kann wenigstens ein Schenkel auf wenigstens zwei verschiedene der genannten Arten mit wenigstens einem Joch verbunden sein.

**[0035]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird wenigstens eine Stoßfläche von miteinander zu verbindenden Stoßflächen der Paketabschnitte vor dem Verbinden der Paketabschnitte zumindest teilweise physikalisch und/oder chemisch behandelt. Hierdurch kann die Stoßfläche beispielsweise mit einer gewünschten Oberflächenrauigkeit versehen werden. Zudem kann die Behandlung der Stoßfläche zur Herstellung einer Planparallelität zwischen miteinander zu verbindenden Stoßflächen dienen. Es können auch beide miteinander zu verbindenden Stoßflächen entsprechend behandelt werden. Die physikalische Behandlung kann beispielsweise mechanisch, insbesondere spanend, oder thermisch sein.

**[0036]** Ein erfindungsgemäßes Halbzeug zur Herstellung von wenigstens einem Paketabschnitt eines weichmagnetischen Bauteils einer elektrischen Maschine

weist wenigstens einen bandförmigen Folienverbund auf, der wenigstens zwei bandförmige, weichmagnetische Folien mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, aufweist, die stoffschlüssig miteinander verbunden sind. Dieses Halbzeug entspricht dem oben mit Bezug auf das Verfahren genannten ersten Halbzeug. Daher sind die oben mit Bezug auf das erste Halbzeug genannten Vorteile und Ausführungsvarianten entsprechend mit dem erfindungsgemäßen Halbzeug verbindbar. Insbesondere kann an jeder Folie zumindest einseitig eine elektrisch isolierende Trennschicht angeordnet oder ausgebildet sein. Alternativ oder additiv kann ein zur Ausbildung des Stoffschlusses zwischen den amorphen Folien verwendeter Klebstoff oder ein anderes dazu verwendetes Adhäsionsmittel elektrisch isolierend ausgebildet sein. An dem Folienverbund kann zumindest einseitig eine elektrisch isolierende Trennschicht angeordnet bzw. ausgebildet sein.

**[0037]** Ein weiteres erfindungsgemäßes Halbzeug zur Herstellung von wenigstens einem Paketabschnitt eines weichmagnetischen Bauteils einer elektrischen Maschine weist wenigstens einen bandförmigen Mehrkomponentenverbund auf, der wenigstens zwei stoffschlüssig miteinander verbundene Verbundlagen aufweist, die jeweils aus einem längsgeteilten Folienverbund gebildet sind, wobei der eine Folienverbund bezüglich einer Querschnittsbreite des Mehrkomponentenverbunds an einer anderen Stelle längsteilt ist als der benachbart zu dem ersten Folienverbund angeordnete weitere Folienverbund, wobei jeder Folienverbund wenigstens zwei bandförmige, weichmagnetische Folien mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, aufweist, die stoffschlüssig miteinander verbunden sind. Dieses Halbzeug entspricht dem oben mit Bezug auf das Verfahren genannten zweiten Halbzeug. Daher sind die oben mit Bezug auf das zweite Halbzeug genannten Vorteile und Ausführungsvarianten entsprechend mit dem erfindungsgemäßen Halbzeug verbindbar.

**[0038]** Ein erfindungsgemäßer Paketabschnitt für ein weichmagnetisches Bauteil einer elektrischen Maschine ist durch einen Stapel aus stoffschlüssig miteinander verbundenen Verbundkörpern gebildet, die jeweils aus abgelängten Verbundabschnitten eines bandförmigen Mehrkomponentenverbunds gebildet sind, der wenigstens zwei stoffschlüssig miteinander verbundene Verbundlagen aufweist, die jeweils aus einem längsgeteilten Folienverbund gebildet sind, wobei der eine Folienverbund bezüglich einer Querschnittsbreite des jeweiligen Verbundkörpers einer anderen Querschnittsstelle längsteilt ist als der benachbart zu dem ersten Folienverbund angeordnete weitere Folienverbund, wobei jeder Folienverbund wenigstens zwei bandförmige, weichmagnetische Folien mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, aufweist, die stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

**[0039]** Mit dem Paketabschnitt sind die oben mit Bezug auf das Verfahren genannten Vorteile entsprechend verbunden. Insbesondere kann der Paketabschnitt unter Verwendung des Verfahrens gemäß einer der oben genannten Ausgestaltungen oder einer Kombination von wenigstens zwei dieser Ausgestaltungen miteinander hergestellt werden. Insofern können Ausgestaltungen des oben genannten Verfahrens Ausgestaltungen des Paketabschnitts entsprechen.

**[0040]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist eine Breite und/oder Länge der Verbundkörper über eine Höhe des Stapels gleich oder nimmt in wenigstens einem bezüglich der Höhe gegebenen Endbereich des Stapels zumindest teilweise zu dem freien Ende des Endbereichs hin stufenartig ab. Mit dieser Ausgestaltung sind die oben mit Bezug auf die entsprechende Ausgestaltung des Verfahrens genannten Vorteile und Ausführungsvarianten entsprechend verbindbar.

**[0041]** Ein erfindungsgemäßes weichmagnetisches Bauteil einer elektrischen Maschine weist wenigstens zwei Paketabschnitte nach einer der vorgenannten Ausgestaltungen oder einer Kombination von wenigstens zwei dieser Ausgestaltungen miteinander auf, die stoffschlüssig und/oder formschlüssig miteinander verbunden sind.

**[0042]** Mit dem weichmagnetischen Bauteil sind die oben mit Bezug auf das Verfahren genannten Vorteile entsprechend verbunden.

**[0043]** Im Folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft erläutert, wobei die nachfolgend erläuterten Merkmale sowohl jeweils für sich genommen als auch in unterschiedlicher Kombination miteinander einen vorteilhaften und/oder weiterbildenden Aspekt der Erfindung darstellen können.

#### Kurze Beschreibung der Figuren

**[0044]** Es zeigen:

- Fig. 1 ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes Verfahren;
- Fig. 2(a) eine schematische und perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes Halbzeug;
- Fig. 2(b) eine schematische und perspektivische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes Halbzeug;
- Fig. 3(a) eine schematische und perspektivische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes Halbzeug;
- Fig. 3(b) eine schematische und perspektivische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes Halbzeug;

- Fig. 4(a) eine schematische und perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für einen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbaren Verbundkörper;
- Fig. 4(b) eine schematische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels für einen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbaren Verbundkörper;
- Fig. 4(c) eine schematische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels für einen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbaren Verbundkörper;
- Fig. 5(a) eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes weichmagnetisches Bauteil;
- Fig. 5(b) eine schematische und perspektivische Darstellung eines in Fig. 5(a) gezeigten Paketabschnitts in Form eines Jochs;
- Fig. 5(c) eine schematische und perspektivische Darstellung eines in Fig. 5(a) gezeigten Paketabschnitts in Form eines Schenkels;
- Fig. 6(a) eine schematische Querschnittsdarstellung eines Ausführungsbeispiels für einen erfindungsgemäßen Paketabschnitt in Form eines Schenkels;
- Fig. 6(b) eine schematische Querschnittsdarstellung eines Ausführungsbeispiels für einen erfindungsgemäßen Paketabschnitt in Form eines Jochs;
- Fig. 7(a) eine schematische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes weichmagnetisches Bauteil;
- Fig. 7(b) eine schematische Darstellung eines Abschnitts eines weiteren Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes weichmagnetisches Bauteil; und
- Fig. 7(c) eine schematische Darstellung eines Abschnitts eines weiteren Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes weichmagnetisches Bauteil.

#### Ausführliche Beschreibung der Figuren

**[0045]** In den Figuren sind gleiche bzw. funktionsgleiche Bauteile mit denselben Bezugszeichen versehen. Eine wiederholte Beschreibung dieser Bauteile kann weggelassen sein.

**[0046]** Fig. 1 zeigt ein Verfahren zum Herstellen von

wenigstens einem Paketabschnitt eines weichmagnetischen Bauteils einer elektrischen Maschine.

**[0047]** In Verfahrensschritt 100 werden wenigstens zwei bandförmige, weichmagnetische Folien jeweils mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, unter Verwendung eines Gießverfahrens kontinuierlich hergestellt. Die beiden amorphen Folien können in voneinander getrennten Herstellungsprozessen separat oder in einem gemeinsamen Herstellungsprozess unmittelbar aufeinanderfolgend hergestellt werden, wobei in letzterem Fall die beiden amorphen Folien abgetrennte Abschnitte desselben Gussstrangs sind. Die beiden amorphen Folien können nach ihrer Herstellung jeweils zu einer Folienrolle aufgehaspelt werden.

**[0048]** In Verfahrensschritt 200 wird ein bandförmiger Folienverbund durch kontinuierliches stoffschlüssiges Verbinden der beiden amorphen Folien miteinander kontinuierlich hergestellt, wobei zur stoffschlüssigen Verbindung der amorphen Folien auf wenigstens eine amorphe Folie ein Klebstoff oder ein anderes Adhäsionsmittel kontinuierlich aufgebracht wird. Vor der Herstellung des Folienverbunds kann wenigstens eine elektrisch isolierende Trennschicht zumindest einseitig kontinuierlich auf jede der Folien aufgebracht oder an jeder der Folien ausgebildet werden. Bei Verwendung eines elektrisch isolierenden Klebstoffs oder anderen Adhäsionsmittels und ohne zusätzliche elektrisch isolierende Trennschichten an den einzelnen amorphen Folien kann wenigstens eine elektrisch isolierende Trennschicht wenigstens einseitig an dem Folienverbund angeordnet bzw. ausgebildet werden. Der Folienverbund kann nach seiner Herstellung aufgehaspelt werden. In Verfahrensschritt 200 wird ein erstes Halbzeug hergestellt, das entsprechend Fig. 2(a) oder 2(b) ausgebildet sein kann.

**[0049]** In Verfahrensschritt 300 wird der in Verfahrensschritt 200 hergestellte Folienverbund an wenigstens einer Stelle eines Querschnitts des Folienverbunds kontinuierlich längsgeteilt. Zudem wird wenigstens ein entsprechend dem Verfahrensschritt 200 hergestellter weiterer Folienverbund an wenigstens einer Stelle eines Querschnitts des weiteren Folienverbunds kontinuierlich längsgeteilt, wobei der Folienverbund bezüglich einer Querschnittsbreite an einer anderen Stelle längsteilt wird als der weitere Folienverbund. Alternativ kann Verfahrensschritt 300 weggelassen werden.

**[0050]** In Verfahrensschritt 400 wird ein wenigstens zweilagiger, bandförmiger Mehrkomponentenverbund durch kontinuierliches stoffschlüssiges Verbinden der in Verfahrensschritt 300 längsgeteilten Folienverbunde oder nicht längsgeteilter Folienverbunde miteinander kontinuierlich hergestellt. Der Mehrkomponentenverbund kann nach seiner Herstellung aufgehaspelt werden. In Verfahrensschritt 400 wird ein zweites Halbzeug hergestellt, das entsprechend Fig. 3(a) ausgebildet sein kann.

**[0051]** Alternativ zu Verfahrensschritt 400 kann in Verfahrensschritt 500 ein wenigstens zweilagiger, bandförmiger

miger Mehrkomponentenverbund durch kontinuierliches stoffschlüssiges Verbinden des Folienverbunds mit wenigstens einem entsprechend hergestellten weiteren Folienverbund kontinuierlich hergestellt werden. In Verfahrensschritt 500 wird ein zweites Halbzeug hergestellt, das entsprechend Fig. 3(b) ausgebildet sein kann.

**[0052]** In Verfahrensschritt 600 wird wenigstens ein Verbundkörper hergestellt, indem Verbundabschnitte des Mehrkomponentenverbunds von dem übrigen Mehrkomponentenverbund abgetrennt, gestapelt und stoffschlüssig miteinander verbunden werden. In Verfahrensschritt 600 wird ein Halbzeug hergestellt, das entsprechend Fig. 4(a), 4(b) oder 4(c) ausgebildet sein kann.

**[0053]** In Verfahrensschritt 700 wird der Paketabschnitt durch stoffschlüssiges Verbinden von Verbundkörpern gleicher oder verschiedener Breite und/oder Länge hergestellt, wobei eine Querschnittsfläche des Paketabschnitts durch die Verwendung von Verbundkörpern verschiedener Breite bzw. Länge an wenigstens einem Eckbereich mit einer Abstufung ausgebildet wird. In Verfahrensschritt 700 können Paketabschnitte hergestellt werden, die entsprechend den in den Fig. 5 bis 7 gezeigten Ausführungsbeispielen ausgebildet sein können. In Verfahrensschritt 700 können zudem wenigstens zwei Paketabschnitte entsprechend hergestellt und stoffschlüssig und/oder formschlüssig miteinander verbunden werden.

**[0054]** In Verfahrensschritt 800 wird wenigstens eine Stoßfläche von miteinander zu verbindenden Stoßflächen der Paketabschnitte vor dem Verbinden der Paketabschnitte zumindest teilweise physikalisch und/oder chemisch behandelt.

**[0055]** Fig. 2(a) zeigt eine schematische und perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes Halbzeug 1 zur Herstellung von wenigstens einem nicht gezeigten weichmagnetischen Bauteil einer nicht gezeigten elektrischen Maschine.

**[0056]** Das Halbzeug 1 weist einen bandförmigen Folienverbund 2 auf. Der Folienverbund 2 weist fünf bandförmige, weichmagnetische Folien 3 mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, auf. Benachbart zueinander angeordnete amorphe Folien 3 sind über einen Klebstoff 4 stoffschlüssig miteinander verbunden. An dem Folienverbund 2 kann optional wenigstens einseitig eine elektrisch isolierende Trennschicht 5 angeordnet oder ausgebildet sein, die in Fig. 2(a) durch eine Strichlinie angedeutet ist.

**[0057]** Fig. 2(b) zeigt eine schematische und perspektivische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes Halbzeug 6 zur Herstellung von wenigstens einem nicht gezeigten Paketabschnitt eines nicht gezeigten weichmagnetischen Bauteils einer nicht gezeigten elektrischen Maschine.

**[0058]** Das Halbzeug 6 weist einen bandförmigen Folienverbund 7 auf. Der Folienverbund 7 weist fünf bandförmige, weichmagnetische Folien 3 mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Ei-

senlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, auf. Benachbart zueinander angeordnete amorphe Folien 3 sind über einen Klebstoff 4 stoffschlüssig miteinander verbunden. An jeder amorphen Folie 3 ist einseitig eine elektrisch isolierende Trennschicht 8 angeordnet oder ausgebildet. An dem Folienverbund 2 kann optional eine elektrisch isolierende Trennschicht 5 entsprechend Fig. 2(b) angeordnet oder ausgebildet sein, die in Fig. 2(b) durch eine Strichlinie angedeutet ist.

**[0059]** Fig. 3(a) zeigt eine schematische und perspektivische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes Halbzeug 9 zur Herstellung von wenigstens einem nicht gezeigten Paketabschnitt eines nicht gezeigten weichmagnetischen Bauteils einer nicht gezeigten elektrischen Maschine.

**[0060]** Das Halbzeug 9 weist einen bandförmigen Mehrkomponentenverbund 10 auf. Der Mehrkomponentenverbund 10 weist drei stoffschlüssig miteinander verbundene Verbundlagen 11 bis 13 auf. Jede Verbundlage 11 bzw. 12 bzw. 13 ist aus einem längsgeteilten Folienverbund 14 bzw. 15 bzw. 16 gebildet. Der mittlere Folienverbund 15 ist bezüglich einer Querschnittsbreite B des Mehrkomponentenverbunds 10 an einer anderen Stelle längsteilt als die beiden benachbart zu dem Folienverbund 15 angeordneten weiteren Folienverbunde 14 und 16. Insbesondere ist der Folienverbund 15 lediglich in einem mittleren Bereich einfach längsgeteilt, während die beiden weiteren Folienverbunde 14 und 16 zweifach längsgeteilt sind. Die Verbundlagen 11 und 13 bzw. die Folienverbunde 14 und 16 sind gleich ausgebildet. Jeder Folienverbund 14 bzw. 15 bzw. 16 weist wenigstens zwei bandförmige, weichmagnetische, nicht gezeigte Folien mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, aufweist, die stoffschlüssig miteinander verbunden sind. Insbesondere können die Folienverbunde 14 bis 16 vor ihrer jeweiligen Längsteilung entsprechend Fig. 2(a) oder 2(b) ausgebildet sein. An dem Halbzeug 9 kann wenigstens einseitig eine nicht gezeigte elektrische Isolierung, beispielsweise in Form einer nicht gezeigten Trennschicht, angeordnet oder ausgebildet sein.

**[0061]** Fig. 3(b) zeigt eine schematische und perspektivische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes Halbzeug 17 zur Herstellung von wenigstens einem nicht gezeigten Paketabschnitt eines nicht gezeigten weichmagnetischen Bauteils einer nicht gezeigten elektrischen Maschine.

**[0062]** Das Halbzeug 17 weist einen bandförmigen Mehrkomponentenverbund 18 auf. Der Mehrkomponentenverbund 18 weist drei stoffschlüssig miteinander verbundene Verbundlagen 19 auf. Die Verbundlagen 19 sind jeweils aus einem Folienverbund 20 gebildet. Die Verbundlagen 19 sind gleich ausgebildet. Jeder Folienverbund 20 weist wenigstens zwei bandförmige, weichmagnetische, nicht gezeigte Folien mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, auf,

die stoffschlüssig miteinander verbunden sind. Insbesondere können die Folienverbunde 20 entsprechend Fig. 2(a) oder 2(b) ausgebildet sein. An dem Halbzeug 17 kann wenigstens einseitig eine nicht gezeigte elektrische Isolierung, beispielsweise in Form einer nicht gezeigten Trennschicht, angeordnet oder ausgebildet sein.

**[0063]** Fig. 4(a) zeigt eine schematische und perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für einen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbaren Verbundkörper 21. Der Verbundkörper 21 wird hergestellt, indem nicht gezeigte Verbundabschnitte eines nicht gezeigten Mehrkomponentenverbunds von dem übrigen Mehrkomponentenverbund abgetrennt, gestapelt und stoffschlüssig miteinander verbunden werden. Der Mehrkomponentenverbund kann entsprechend Fig. 3(a) oder 3(b) ausgebildet sein. Der Verbundkörper 21 ist quaderförmig ausgebildet. An dem Verbundkörper 21 kann wenigstens einseitig eine nicht gezeigte elektrische Isolierung, beispielsweise in Form einer nicht gezeigten Trennschicht, angeordnet oder ausgebildet sein.

**[0064]** Fig. 4(b) zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für einen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbaren Verbundkörper 22. Der Verbundkörper 22 wird hergestellt, indem nicht gezeigte Verbundabschnitte eines nicht gezeigten Mehrkomponentenverbunds von dem übrigen Mehrkomponentenverbund abgetrennt, gestapelt und stoffschlüssig miteinander verbunden werden. Der Mehrkomponentenverbund kann entsprechend Fig. 3(a) oder 3(b) ausgebildet sein. Der Verbundkörper 22 weist eine trapezförmig ausgebildete Schnittfläche auf. An dem Verbundkörper 22 kann wenigstens einseitig eine nicht gezeigte elektrische Isolierung, beispielsweise in Form einer nicht gezeigten Trennschicht, angeordnet oder ausgebildet sein.

**[0065]** Fig. 4(c) zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für einen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbaren Verbundkörper 23. Der Verbundkörper 23 wird hergestellt, indem nicht gezeigte Verbundabschnitte eines nicht gezeigten Mehrkomponentenverbunds von dem übrigen Mehrkomponentenverbund abgetrennt, gestapelt und stoffschlüssig miteinander verbunden werden. Der Mehrkomponentenverbund kann entsprechend Fig. 3(a) oder 3(b) ausgebildet sein. Der Verbundkörper 23 weist eine trapezförmig ausgebildete Schnittfläche mit einer einseitigen Vertiefung 24 auf. An dem Verbundkörper 23 kann wenigstens einseitig eine nicht gezeigte elektrische Isolierung, beispielsweise in Form einer nicht gezeigten Trennschicht, angeordnet oder ausgebildet sein.

**[0066]** Fig. 5(a) zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes weichmagnetisches Bauteil 25 in Form eines Transformator-kerns für einen nicht gezeigten Drehstromtransformator.

**[0067]** Das weichmagnetische Bauteil 25 weist drei parallel zueinander verlaufende Paketabschnitte 26 in Form von Schenkeln auf, die gleich ausgestaltet sind und

jeweils zur Aufnahme einer nicht gezeigten Primärspule und einer nicht gezeigten Sekundärspule derselben Stromphase dienen. Des Weiteren weist das weichmagnetische Bauteil 25 zwei jeweils endseitig mit den Paketabschnitten 26 verbindbare Paketabschnitte 27 in Form von Jochen auf. Die Paketabschnitte 26 sind jeweils entsprechend Fig. 5(c) ausgebildet und die Paketabschnitte 27 sind entsprechend Fig. 5(b) ausgebildet. Jeder Paketabschnitt 26 bzw. 27 ist durch einen Stapel aus stoffschlüssig miteinander verbundenen, nicht gezeigten Verbundkörpern gebildet. Die Verbundkörper können beispielsweise entsprechend Fig. 4(a), 4(b) oder 4(c) ausgebildet sein.

**[0068]** Fig. 5(b) zeigt eine schematische und perspektivische Darstellung eines in Fig. 5(a) gezeigten Paketabschnitts 27 in Form eines Jochs. Der Paketabschnitt 27 ist quaderförmig ausgebildet. Wenigstens eine Kante des Paketabschnitts 27 können zur Materialeinsparung abgeschrägt ausgebildet sein.

**[0069]** Fig. 5(c) zeigt eine schematische und perspektivische Darstellung eines in Fig. 5(a) gezeigten Paketabschnitts 26 in Form eines Schenkels. Eine Querschnittsfläche des Paketabschnitts 26 ist durch die Verwendung von Verbundkörpern verschiedener Breite an allen Eckbereichen jeweils mit einer Abstufung ausgebildet.

**[0070]** Fig. 6(a) zeigt eine schematische Querschnittsdarstellung eines Ausführungsbeispiels für einen erfindungsgemäßen Paketabschnitt 28 in Form eines Schenkels. Der Paketabschnitt 28 ist durch einen Stapel aus stoffschlüssig miteinander verbundenen Verbundkörpern 29 gebildet. Eine Querschnittsfläche des Paketabschnitts 28 ist durch die Verwendung von Verbundkörpern 29 verschiedener Breite an allen Eckbereichen jeweils mit einer Abstufung ausgebildet.

**[0071]** Fig. 6(b) zeigt eine schematische Querschnittsdarstellung eines Ausführungsbeispiels für einen erfindungsgemäßen Paketabschnitt 30 in Form eines Jochs. Der Paketabschnitt 30 ist durch einen Stapel aus stoffschlüssig miteinander verbundenen Verbundkörpern 31 gebildet. Eine Querschnittsfläche des Paketabschnitts 30 ist durch die Verwendung von Verbundkörpern 31 gleicher Breite rechteckig ausgebildet.

**[0072]** Fig. 7(a) zeigt eine schematische Darstellung eines Abschnitts eines weiteren Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes weichmagnetisches Bauteil 32 in Form eines Transformator-kerns, von dem in Fig. 7(a) nur ein Abschnitt gezeigt ist. Insbesondere ist der Verbindungsbereich zwischen einem Paketabschnitt 33 in Form eines äußeren Schenkels und einem Paketabschnitt 34 in Form eines Jochs gezeigt. Der Paketabschnitt 33 ist über einen stumpfen Stoß (Schnittwinkel 90°) mit dem Paketabschnitt 34 verbunden. Hierzu kann wenigstens eine Stoßfläche 35 bzw. 36 von miteinander zu verbindenden Stoßflächen 35 und 36 der Paketabschnitte 33 und 34 vor dem Verbinden der Paketabschnitte 33 und 34 zumindest teilweise physikalisch und/oder chemisch behandelt worden sein.

**[0073]** Fig. 7(b) zeigt eine schematische Darstellung eines Abschnitts eines weiteren Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes weichmagnetisches Bauteil 37 in Form eines Transformator-kerns, von dem in Fig. 7(b) nur ein Abschnitt gezeigt ist. Insbesondere ist der Verbindungsbereich zwischen einem Paketabschnitt 38 in Form eines äußeren Schenkels und einem Paketabschnitt 39 in Form eines Jochs gezeigt. Die nicht genauer dargestellten Verbindungsabschnitte der Paketabschnitte 38 und 39 sind derart ausgebildet, dass sich Verbindungsabschnitte gegenseitig überlappen bzw. zur Herstellung eines Formschlusses ineinandergreifen. Die ineinandergreifenden Verbindungsabschnitte sind stoffschlüssig miteinander verbunden.

**[0074]** Fig. 7(c) zeigt eine schematische Darstellung eines Abschnitts eines weiteren Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes weichmagnetisches Bauteil in Form eines Transformator-kerns, von dem in Fig. 7(c) nur ein Abschnitt gezeigt ist. Insbesondere ist der Verbindungsbereich zwischen einem Paketabschnitt 41 in Form eines äußeren Schenkels und einem Paketabschnitt 42 in Form eines Jochs gezeigt. Die Verbindungsabschnitte der Paketabschnitte 41 und 42 sind jeweils durch eine Step-Lap-Schichtung der nicht gezeigten Bestandteile der Paketabschnitte 41 und 42 gebildet, wodurch eine Gehrungsverbindung zwischen den Paketabschnitten 41 und 42 realisiert wird.

#### Bezugszeichenliste

##### [0075]

1	Halbzeug
2	Folienverbund
3	amorphe Folie
4	Klebstoff
5	Trennschicht an 2
6	Halbzeug
7	Folienverbund
8	Trennschicht an 3
9	Halbzeug
10	Mehrkomponentenverbund
11	Verbundlage
12	Verbundlage
13	Verbundlage
14	Folienverbund
15	Folienverbund
16	Folienverbund
17	Halbzeug
18	Mehrkomponentenverbund
19	Verbundlage
20	Folienverbund
21	Verbundkörper
22	Verbundkörper
23	Verbundkörper
24	Vertiefung an 23
25	weichmagnetisches Bauteil
26	Paketabschnitt (Schenkel)

27	Paketabschnitt (Joch)
28	Paketabschnitt (Schenkel)
29	Verbundkörper von 28
30	Paketabschnitt (Joch)
5 31	Verbundkörper von 30
32	weichmagnetisches Bauteil
33	Paketabschnitt (Schenkel)
34	Paketabschnitt (Joch)
35	Stoßfläche von 33
10 36	Stoßfläche von 34
37	weichmagnetisches Bauteil
38	Paketabschnitt (Schenkel)
39	Paketabschnitt (Joch)
40	weichmagnetisches Bauteil
15 41	Paketabschnitt (Schenkel)
42	Paketabschnitt (Joch)
100	Verfahrensschritt
200	Verfahrensschritt
300	Verfahrensschritt
20 400	Verfahrensschritt
500	Verfahrensschritt
600	Verfahrensschritt
700	Verfahrensschritt
800	Verfahrensschritt
25 B	Querschnittsbreite von 9

#### Patentansprüche

- 30 1. Verfahren zum Herstellen von wenigstens einem Paketabschnitt (26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 39, 41, 42) eines weichmagnetischen Bauteils (25, 32, 37, 40) einer elektrischen Maschine, aufweisend die Schritte:
- 35 - kontinuierliches Herstellen einer bandförmigen, weichmagnetischen Folie (3) mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, unter Verwendung eines Gießverfahrens;
- 40 - kontinuierliches Herstellen eines bandförmigen Folienverbunds (2, 7, 11, 12, 13, 19) durch kontinuierliches stoffschlüssiges Verbinden der Folie (3) mit wenigstens einer entsprechend hergestellten weiteren Folie (3); und
- 45 - Herstellen des Paketabschnitts (26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 39, 41, 42) unter Verwendung des Folienverbunds (2, 7, 11, 12, 13, 19).
- 50 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor der Herstellung des Folienverbunds (2, 7, 11, 12, 13, 19) wenigstens eine elektrisch isolierende Trennschicht (8) zumindest einseitig kontinuierlich flächig auf jede der Folien (3) aufgebracht oder an jeder der Folien (3) ausgebildet wird.
- 55

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** die weiteren Schritte:
- kontinuierliches Längsteilen des Folienverbunds (2, 7, 11, 12, 13) an wenigstens einer Stelle eines Querschnitts des Folienverbunds (2, 7, 11, 12, 13);
  - kontinuierliches Längsteilen von wenigstens einem entsprechend hergestellten weiteren Folienverbund (2, 7, 11, 12, 13) an wenigstens einer Stelle eines Querschnitts des weiteren Folienverbunds (2, 7, 11, 12, 13), wobei der Folienverbund (2, 7, 11, 12, 13) bezüglich einer Querschnittsbreite (B) an einer anderen Stelle längsteilt wird als der weitere Folienverbund (2, 7, 11, 12, 13); und
  - kontinuierliches Herstellen eines wenigstens zweilagigen, bandförmigen Mehrkomponentenverbunds (9) durch kontinuierliches stoffschlüssiges Verbinden der längsgeteilten Folienverbunde (2, 7, 11, 12, 13) miteinander.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein wenigstens zweilagiger, bandförmiger Mehrkomponentenverbund (17) durch kontinuierliches stoffschlüssiges Verbinden des Folienverbunds (2, 7, 19) mit wenigstens einem entsprechend hergestellten weiteren Folienverbund (2, 7, 19) hergestellt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Verbundkörper (21, 22, 23) hergestellt wird, indem Verbundabschnitte des Mehrkomponentenverbunds (9, 17) von dem übrigen Mehrkomponentenverbund (9, 17) abgetrennt, gestapelt und stoffschlüssig miteinander verbunden werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Paketabschnitt (26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 39, 41, 42) durch stoffschlüssiges Verbinden von Verbundkörpern (21, 22, 23) gleicher oder verschiedener Breite und/oder Länge hergestellt wird, wobei eine Querschnittsfläche des Paketabschnitts (26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 39, 41, 42) durch die Verwendung von Verbundkörpern (21, 22, 23) verschiedener Breite bzw. Länge an wenigstens einem Eckbereich mit einer Abstufung ausgebildet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Paketabschnitte (26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 39, 41, 42) entsprechend hergestellt und stoffschlüssig und/oder formschlüssig miteinander verbunden werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Stoßfläche (35, 36) von miteinander zu verbindenden Stoßflächen (35, 36) der Paketabschnitte (26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 39, 41, 42) vor dem Verbinden der Paketabschnitte (26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 39, 41, 42) zumindest teilweise physikalisch und/oder chemisch behandelt wird.
9. Halbzeug (1, 6) zur Herstellung von wenigstens einem Paketabschnitt (26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 39, 41, 42) eines weichmagnetischen Bauteils (25, 32, 37, 40) einer elektrischen Maschine, **gekennzeichnet durch** wenigstens einen bandförmigen Folienverbund (2, 7), der wenigstens zwei bandförmige, weichmagnetische Folien (3) mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, aufweist, die stoffschlüssig miteinander verbunden sind.
10. Halbzeug (9, 17) zur Herstellung von wenigstens einem Paketabschnitt (26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 39, 41, 42) eines weichmagnetischen Bauteils (25, 32, 37, 40) einer elektrischen Maschine, **gekennzeichnet durch** wenigstens einen bandförmigen Mehrkomponentenverbund (10, 18), der wenigstens zwei stoffschlüssig miteinander verbundene Verbundlagen (11, 12, 13) aufweist, die jeweils aus einem längsgeteilten Folienverbund (14, 15, 16) gebildet sind, wobei der eine Folienverbund (11, 12, 13) bezüglich einer Querschnittsbreite (B) des Mehrkomponentenverbunds (10, 18) an einer anderen Stelle längsteilt ist als der benachbart zu dem ersten Folienverbund (11, 12, 13) angeordnete weitere Folienverbund (11, 12, 13), wobei jeder Folienverbund (11, 12, 13) wenigstens zwei bandförmige, weichmagnetische Folien (3) mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, aufweist, die stoffschlüssig miteinander verbunden sind.
11. Paketabschnitt (26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 39, 41, 42) für ein weichmagnetisches Bauteil (25, 32, 37, 40) einer elektrischen Maschine, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Paketabschnitt (26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 39, 41, 42) durch einen Stapel aus stoffschlüssig miteinander verbundenen Verbundkörpern (21, 22, 23) gebildet ist, die jeweils aus stoffschlüssig miteinander verbundenen, abgelängten Verbundabschnitten eines bandförmigen Mehrkomponentenverbunds (10, 18) gebildet sind, der wenigstens zwei stoffschlüssig miteinander verbundene Verbundlagen (11, 12, 13) aufweist, die jeweils aus einem längsgeteilten Folienverbund (14, 15, 16) gebildet sind, wobei der eine Folienverbund (14, 15, 16) bezüglich einer Querschnittsbreite (B) des jeweiligen Verbundkörpers (21, 22, 23) an einer anderen Stelle längsteilt ist als der benachbart zu dem Folienverbund (11, 12, 13) angeordnete weitere Folienverbund (14, 15, 16).

enverbund (14, 15, 16) angeordnete weitere Folienverbund (14, 15, 16), wobei jeder Folienverbund (14, 15, 16) wenigstens zwei bandförmige, weichmagnetische Folien (3) mit einer amorphen und/oder nanokristallinen Gefügestruktur aus einer Eisenlegierung, insbesondere einer FeSiB-Legierung, aufweist, die stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

5

12. Paketabschnitt (26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 39, 41, 42) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Breite und/oder Länge der Verbundkörper (21, 22, 23) über eine Höhe des Stapels gleich ist oder in wenigstens einem bezüglich der Höhe gegebenen Endbereich des Stapels zumindest teilweise zu dem freien Ende des Endbereichs hin stufenartig abnimmt.

10

15

13. Weichmagnetisches Bauteil (25, 32, 37, 40) für eine elektrische Maschine, **gekennzeichnet durch** wenigstens zwei Paketabschnitte (26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 39, 41, 42) nach Anspruch 11 oder 12, die stoffschlüssig und/oder formschlüssig miteinander verbunden sind.

20

25

30

35

40

45

50

55

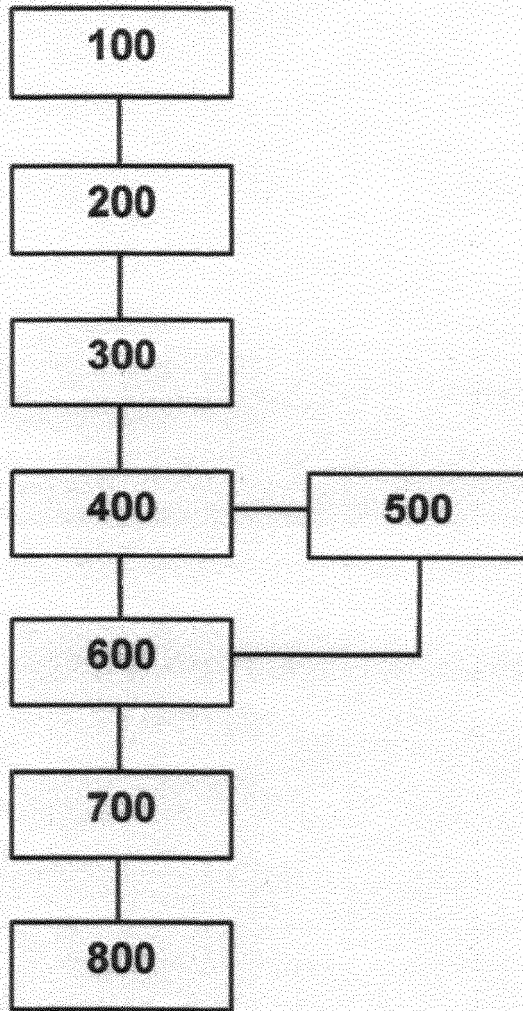


Fig. 1

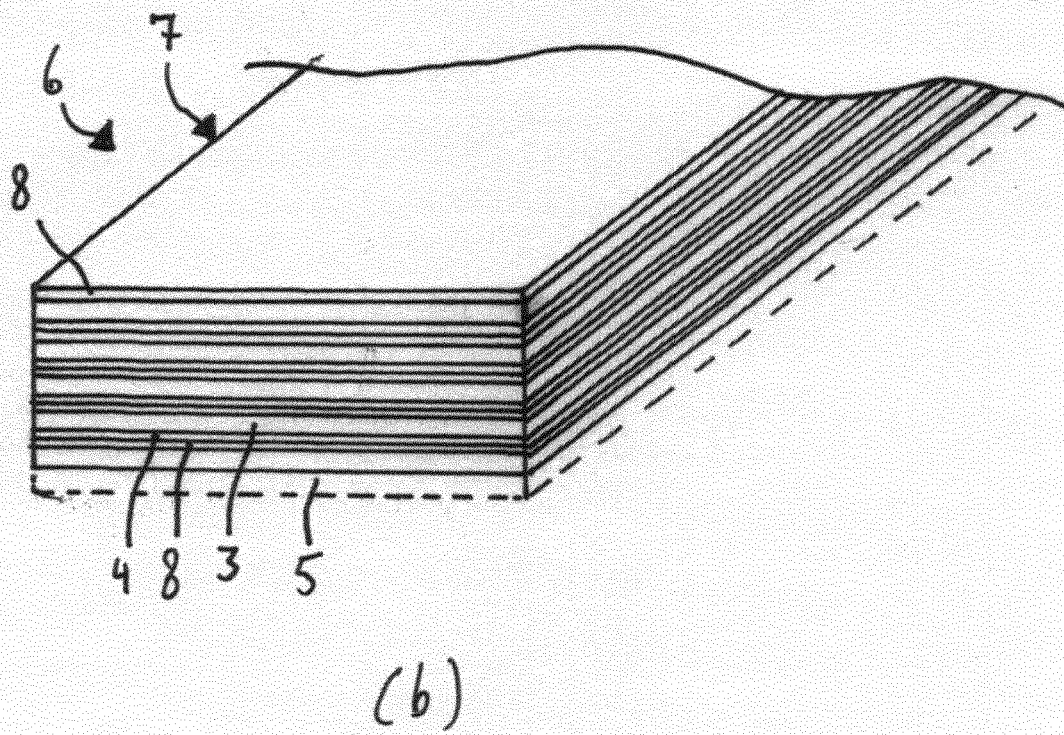
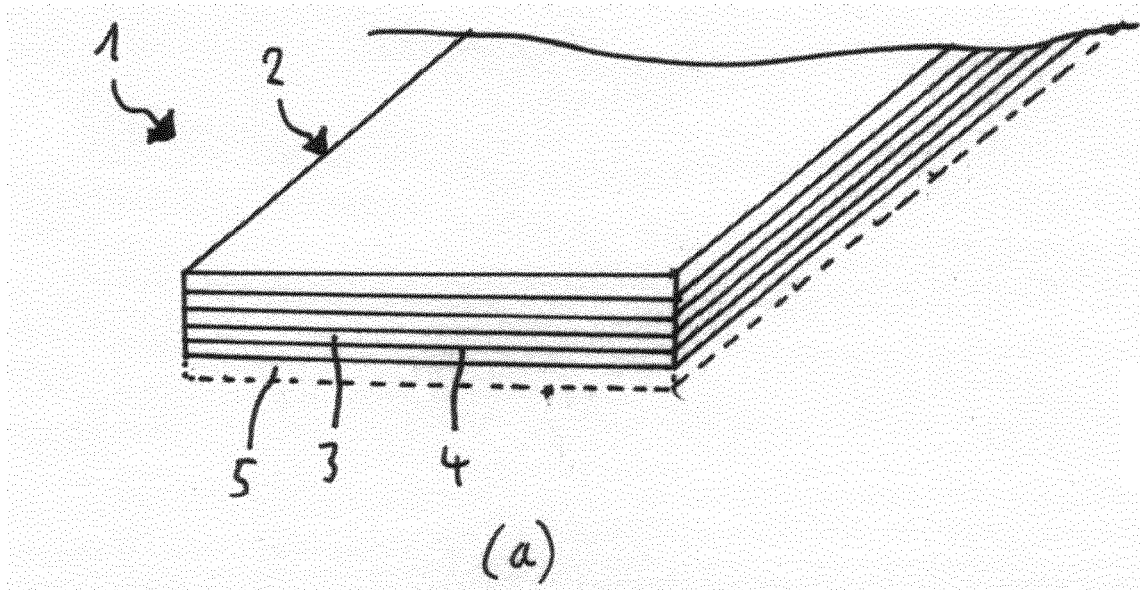
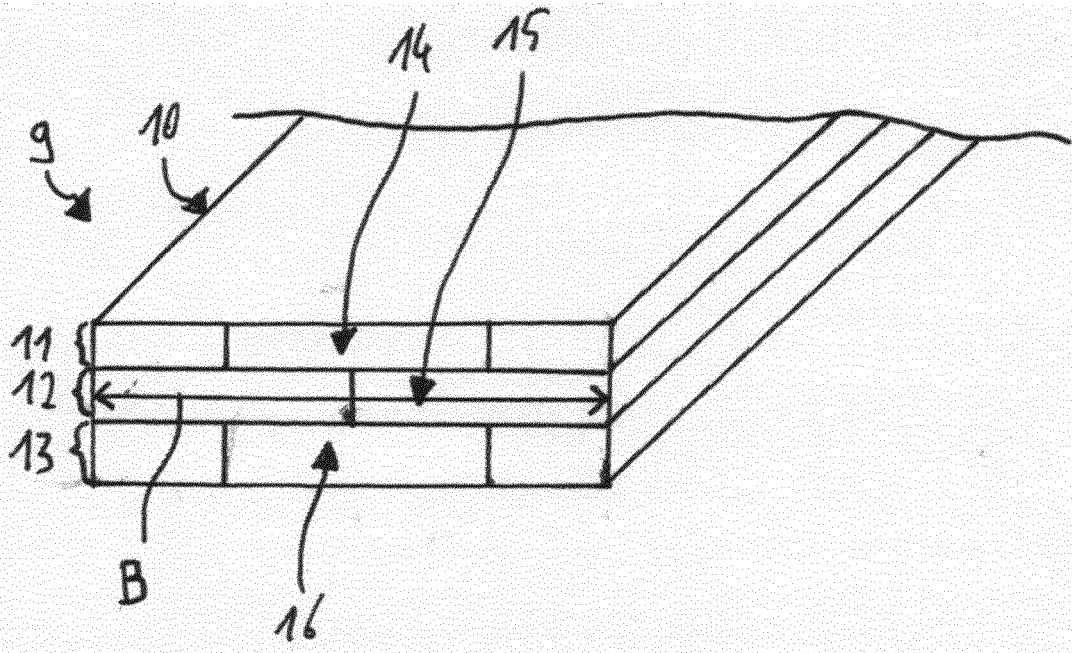
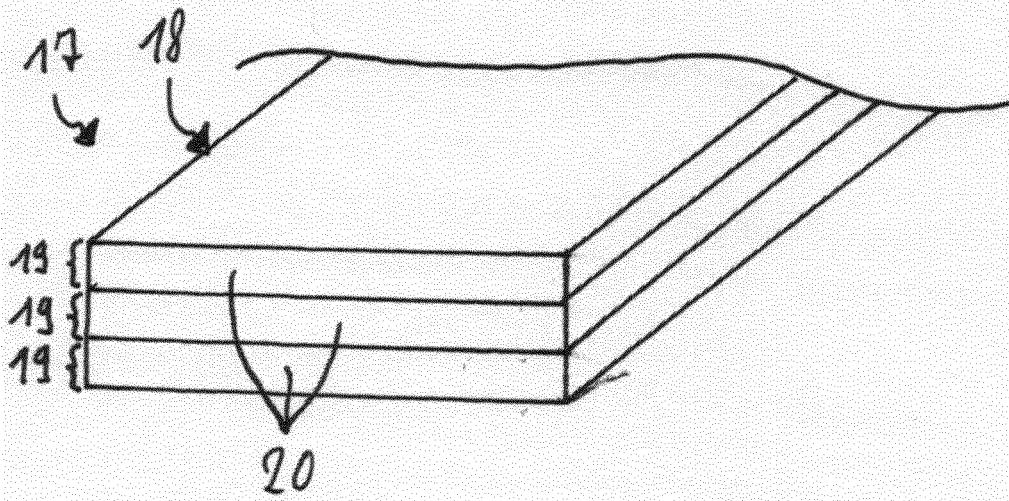


Fig. 2

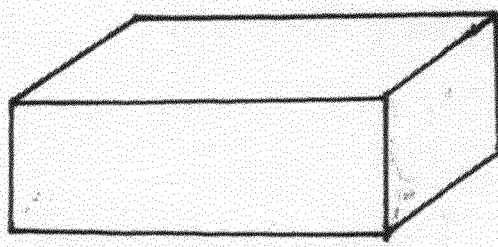


(a)



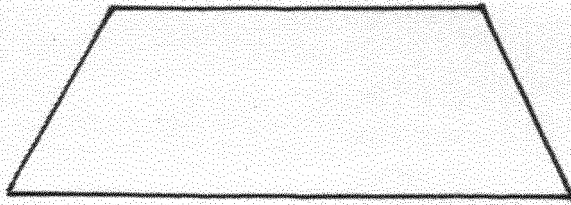
(b)

Fig. 3



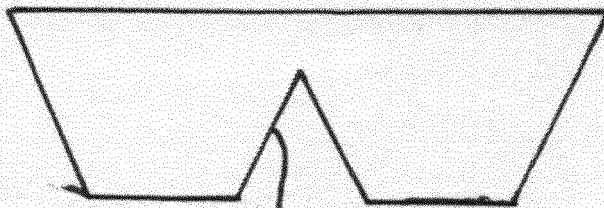
21

(a)



22

(b)

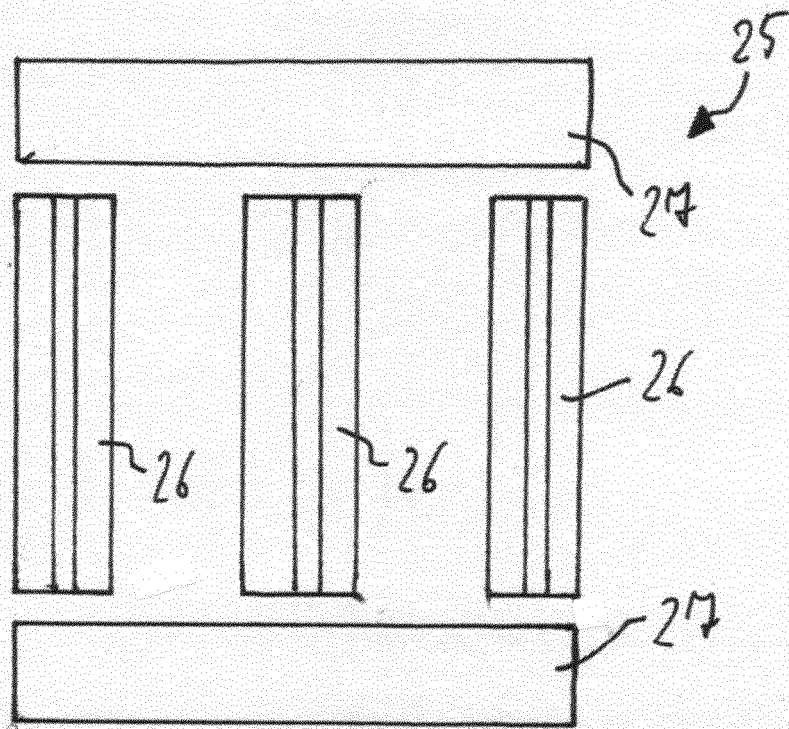


23

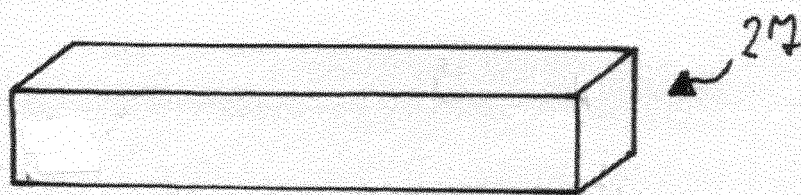
24

(c)

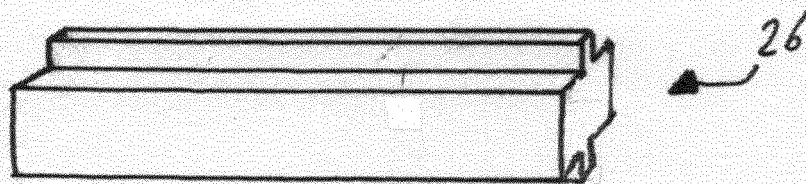
Fig. 4



(a)



(b)



(c)

Fig. 5

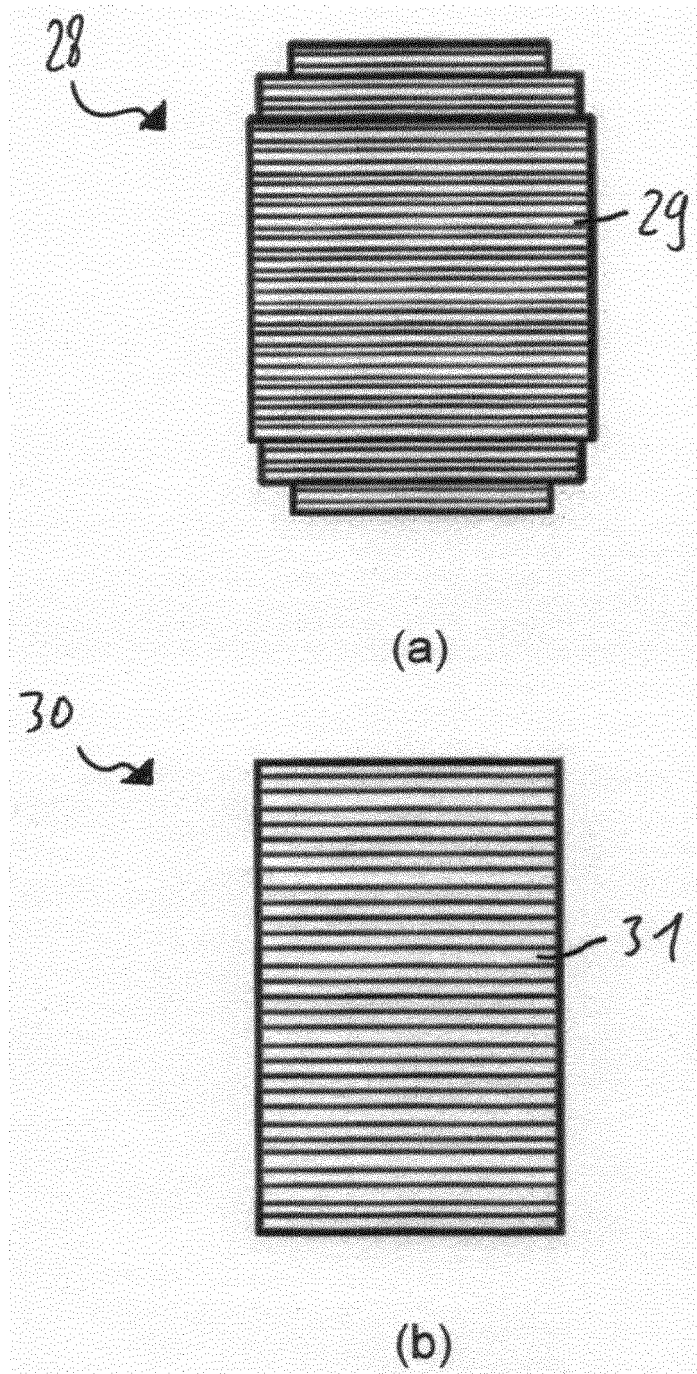
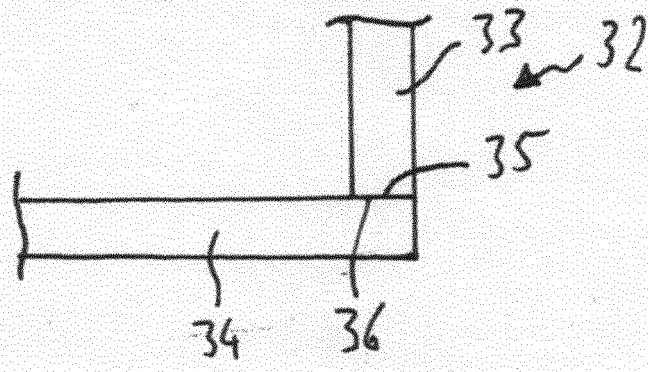
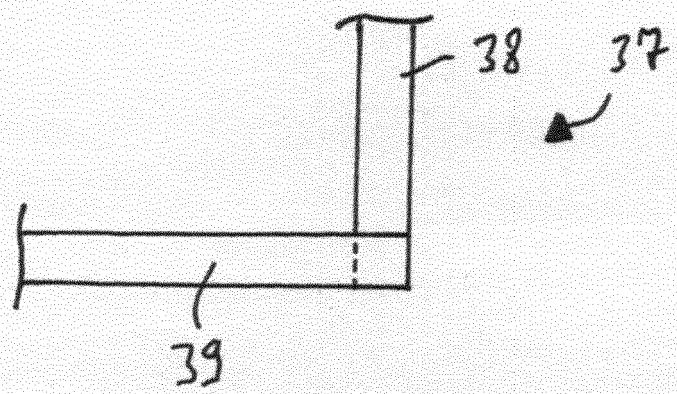


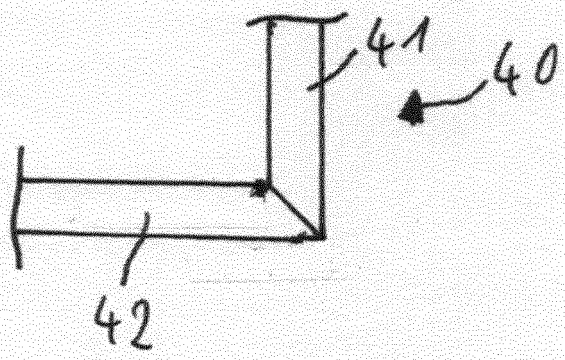
Fig. 6



(a)



(b)



(c)

Fig. 17



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 17 20 9155

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 139 011 A1 (HITACHI) 30. Dezember 2009 (2009-12-30)	1,2,4,5,9-13	INV. H01F41/02
Y	* Absätze [0019] - [0035] * * Abbildungen 1-3 *	3,6-8	H01F3/04 H01F1/153
	-----		
X	US 2004/085173 A1 (DECRISTOFARO ET AL) 6. Mai 2004 (2004-05-06)	1,2,4,5,9-13	ADD. H01F27/34
Y	* Absätze [0007], [0057], [0060] * * Abbildungen 7, 10 * * Absatz [0071] *	3,6-8	
	-----		
Y	EP 2 711 944 A1 (HITACHI) 26. März 2014 (2014-03-26)	1-13	
	* Absatz [0031] * * Abbildungen 5, 8 *		
	-----		
Y	EP 2 590 186 A2 (HITACHI) 8. Mai 2013 (2013-05-08)	1-13	
	* Abbildungen 4, 6 *		
	-----		
Y	US 2016/020020 A1 (EARHART ET AL) 21. Januar 2016 (2016-01-21)	1-13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
	* Absätze [0064], [0065] * * Abbildungen 1, 2 *		H01F
	-----		
2 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. Juni 2018	Prüfer Subke, Kai-Olaf
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 20 9155

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-06-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2139011 A1	30-12-2009	CN 101657868 A	24-02-2010
		EP 2139011 A1	30-12-2009
		JP 4471037 B2	02-06-2010
		JP WO2008133026 A1	22-07-2010
		WO 2008133026 A1	06-11-2008
-----			
US 2004085173 A1	06-05-2004	AU 2003290623 A1	07-06-2004
		CN 1735948 A	15-02-2006
		EP 1565920 A1	24-08-2005
		HK 1086941 A1	02-02-2011
		JP 2006505143 A	09-02-2006
		JP 2010263238 A	18-11-2010
		KR 20050084640 A	26-08-2005
		US 2004085173 A1	06-05-2004
		WO 2004042754 A1	21-05-2004
-----			
EP 2711944 A1	26-03-2014	CN 103534769 A	22-01-2014
		EP 2711944 A1	26-03-2014
		JP WO2012157053 A1	31-07-2014
		US 2014268896 A1	18-09-2014
		WO 2012157053 A1	22-11-2012
-----			
EP 2590186 A2	08-05-2013	CN 103093933 A	08-05-2013
		CN 106057436 A	26-10-2016
		EP 2590186 A2	08-05-2013
		JP 5676414 B2	25-02-2015
		JP 2013098349 A	20-05-2013
		US 2013106555 A1	02-05-2013
-----			
US 2016020020 A1	21-01-2016	KEINE	
-----			

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102009048658 A1 [0005] [0010] [0016] [0023]  
[0025]