



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 012 608 B4** 2009.12.24

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 012 608.7**

(22) Anmeldetag: **13.03.2007**

(43) Offenlegungstag: **02.10.2008**

(45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **24.12.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **D04H 3/04** (2006.01)

**D04H 13/00** (2006.01)

**B65H 51/005** (2006.01)

**B26D 7/02** (2006.01)

**B26D 7/26** (2006.01)

**D01D 11/02** (2006.01)

**D06B 3/02** (2006.01)

**B29C 70/06** (2006.01)

**B29C 70/38** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(61) Zusatz in:  
**10 2008 012 255.6**

(73) Patentinhaber:  
**EADS Deutschland GmbH, 85521 Ottobrunn, DE**

(74) Vertreter:  
**Flügel Preissner Kastel Schober, 80335 München**

(72) Erfinder:  
**Geßler, Andreas, 85540 Haar, DE; Meyer, Oliver,  
 85521 Ottobrunn, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

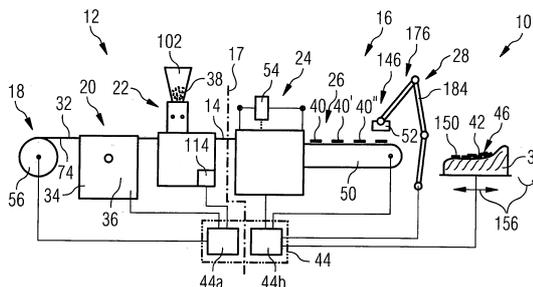
<b>DE</b>	<b>30 48 367</b>	<b>C1</b>
<b>DE</b>	<b>197 26 831</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>196 24 912</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>103 01 646</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>100 05 202</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>30 03 666</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>695 00 513</b>	<b>T2</b>
<b>CH</b>	<b>4 50 239</b>	
<b>FR</b>	<b>28 82 681</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2002/01 23 819</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>49 52 366</b>	
<b>EP</b>	<b>04 91 353</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen einer Preform für eine kraftflussgerechte Faserverbundstruktur**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Herstellen einer Preform (42) für eine kraftflussgerechte Faserverbundstruktur, mit der folgenden Reihenfolge von Schritten:

- a1) Bereitstellen eines flachen Faserbands (14),
- c). Abschneiden eines Faserbandstückes (40, 40', 40'') von dem flachen Faserband (14),
- e) Aufnehmen des Faserbandstückes (40, 40', 40'') an einer vorgegebenen Aufnahmeposition mittels einer Legevorrichtung (28),
- f) Platzieren des Faserbandstückes (40, 40', 40'') an einer vordefinierten Position,
- g) Fixieren des Faserbandstückes (40, 40', 40'') mittels eines Bindermaterials (38), wobei die Schritte c) bis f) zum Platzieren und Fixieren weiterer Faserbandstücke (40, 40', 40'') an anderen vordefinierten Positionen wiederholt werden und wobei die Schritte e) und f) mittels eines Legekopfes (52) der Legevorrichtung (28) durchgeführt werden, der automatisch von der wenigstens einen Aufnahmeposition zu einer ersten vordefinierten Position zum Platzieren eines ersten Faserbandstückes (40) und zurück zu der oder einer von mehre-

ren vorgegebenen Aufnahmepositionen zwecks Aufnahme eines zweitens Faserbandstückes (40') und dann...



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Preform für eine kraftflussgerechte Faserverbundstruktur. Weiter betrifft die Erfindung die Verwendung eines solchen Verfahrens bei der Herstellung kraftflussgerechter Faserverbundstrukturen. Schließlich betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

**[0002]** Beim Bau von Fahrzeugen aller Art, insbesondere beim Bau von Luft- und Raumfahrtgeräten, aber auch in anderen Industriezweigen, wie im Maschinenbau, gibt es immer mehr das Bedürfnis nach belastbaren und dennoch leichtgewichtigen und möglichst kostengünstigen Materialien. Insbesondere Faserverbundwerkstoffe bieten ein überragendes Leichtbaupotential. Das Prinzip besteht darin, dass insbesondere hochfeste und steife Fasern belastungsgerecht in einer Matrix eingebettet werden, wodurch Bauteile mit herausragenden mechanischen Eigenschaften entstehen, die mit bisherigen Techniken typischerweise 25% leichter als Aluminium und 50% leichter als Stahlstrukturen mit vergleichbarer Leistungsfähigkeit sind. Ein Nachteil liegt in den hohen Werkstoffkosten und insbesondere in der aufwändigen, größtenteils manuellen Fertigung.

**[0003]** Es gibt daher den Wunsch, eine automatisierte Herstellung zu schaffen, die eine maschinelle Anordnung der Fasern im Raum ermöglicht. Heutzutage zeichnen sich faserverstärkte Kunststoffe insbesondere bei Verwendung von gerichteten Langfasern, zum Beispiel Kohlenstofffasern, durch eine sehr hohe Festigkeit und Steifigkeit bei geringem Gewicht aus. Außerdem verfügen sie über ein hohes gewichtsspezifisches Energieaufnahmevermögen und gute Ermüdungseigenschaften.

**[0004]** Dies wird bislang dadurch erreicht, dass Endlosfasern belastungsgerecht in einer Matrix (beispielsweise Epoxidharz) eingefügt werden. Je nach Verstärkungsrichtung können anisotrope Werkstoffe entstehen, die richtungsabhängige mechanische Eigenschaften haben. So kann zum Beispiel ein Werkstoff in der Länge andere Eigenschaften aufweisen als in der Breite. Bei modernen Luft- und Raumfahrzeugen besteht bereits heutzutage ein hoher Prozentsatz des Strukturgewichtes aus faserverstärkten Kunststoffen.

**[0005]** Das wichtigste Fertigungsverfahren basiert derzeit auf der sogenannten Prepreg-Technologie. Hierbei werden die Verstärkungsfasern parallel (unidirektional) angeordnet und in eine Matrix eingebettet. Nach einem Aushärtungsschritt entstehen Halbzeuge, die als dünne Lage auf eine Rolle aufgewickelt werden. Bei der Verarbeitung werden diese Lagen entsprechend der Bauteilkontur zugeschnitten und vorwiegend von Hand Schicht für Schicht in ein

Werkzeug laminiert. Anschließend erfolgt die Aushärtung unter Druck und Temperatur in einem Autoklaven. Die entstehenden Bauteile weisen ein sehr hohes Leichtbaupotential auf, die Fertigung ist jedoch sehr aufwändig und teuer. Seit mehreren Jahrzehnten beschäftigt die Werkstoff-Forscher daher die Frage, wie Fasern belastungsgerecht, dreidimensional und von ihrer Kontur her möglichst nahe an der endgültigen Kontur des Bauteiles in einem automatisierten Prozess angeordnet werden.

**[0006]** Um Faserverbundstrukturen mit entsprechend dem Kraftfluss angeordneten Fasern herzustellen, hat man bisher neben Prepregs für ausgewählte Anwendungen sogenannte Preforms als textile Halbzeuge gefertigt. Dabei handelt es sich um meist zwei- oder dreidimensionale Gebilde mit belastungsgerecht ausgelegter Faserausrichtung. Bisher werden hierzu mit Mitteln der Textiltechnik Endlosfasern in Belastungsrichtung verlegt und mit Mitteln der Textiltechnik, in der Regel durch Vernähen, Stricktechniken oder dergleichen, vorfixiert. Beispiele für Vorrichtungen und Verfahren zum Herstellen solcher Preforms finden sich in der DE 30 03 666 A1, der DE 196 24 912 A1 der DE 197 26 831 A1 sowie der DE 100 05 202 A1.

**[0007]** Aus der US 4,952,366 A ist ein vergleichbares Verfahren zum Herstellen einer Preform sowie einer Verbundstruktur daraus bekannt, wobei zum Herstellen der Preform ein Prepreg mit einer Endlosfaser verstärkt wird. Die Endlosfaser wird an dem Prepreg bei dessen Transport zunächst mit einer Vakuumsaugung fixiert. Ein Transport von Fasergelegen auf einem Transportband derart, dass diese Fasergelege mittels Vakuum angesaugt werden, ist somit aus diesem Stand der Technik bekannt.

**[0008]** Aus der DE 30 48 367 C1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ausbreiten eines Faserstranges bekannt. Hierbei dringt eine konvexe Oberfläche in den Faserstrang ein und fächert diesen möglichst breit auf.

**[0009]** Aus der CH 450 239 A sind ebenfalls ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ausbreitung eines Faserstranges bekannt. Hierbei wird der Faserstrang über feste Leisten mäanderförmig geführt. Eine Führungsfläche der Leiste ist dabei bogenförmig konvex gekrümmt.

**[0010]** Aus der US 2002/0123819 A1 ist ein System zur automatischen Steuerung des Aufspreizens einer Textillage bekannt, welche Textillage aus einer Mehrzahl von Fasersträngen gebildet ist. Dieses System hat eine Messeinrichtung zum Messen der Positionen der Längskanten jedes Faserstranges, eine Breitereinstelleinrichtung zum individuellen Einstellen der Breite jedes Faserstranges, eine Positionseinstelleinrichtung zum Einstellen der Position jedes

Seiles und eine Steuereinrichtung zum Steuern des Aufspreizvorganges in der Art, dass die Textillage eine vorbestimmte Breite und Position hat. Die Faserstränge werden dabei über gekrümmte Stangen gezogen.

**[0011]** Aus der DE 695 00 513 T2 ist ein segmentierter Faserlegekopf zum Verlegen und Anpressen von Fasersträngen an eine Vorform bekannt. Durch die Segmentierung ist der Faserlegekopf elastisch, so dass die Anpresskräfte besser an unregelmäßige Formen anpassbar sind. Der Legekopf hat eine Andrückrolle, mittels welcher einzelne lange Faserstränge an die Vorform angepresst werden können. Zum Bilden des segmentierten Faserlegekopfes ist diese Anpressrolle aus vielen Einzelscheiben gebildet. Zu dem Faserkopf werden insgesamt 16 einzelne Faserstränge über Faserstrangführungen geführt.

**[0012]** Aus der EP 0 491 353 A1 ist eine Mehrfach-Achsen-Faserauftragsmaschine bekannt, die einen Legekopf an einem Roboterarm aufweist. Dieser Legekopf enthält eine Anpressrolle, mittels der Faserstränge kompaktiert und angedrückt werden können. Der Legekopf verarbeitet ein Roving zu einem Band und legt das Band auf einer drehbar gelagerten Vorform auf. Die Rovings werden vorher mit Harz imprägniert. Die einzelnen Elemente sind temperaturgesteuert, um die Klebrigkeit des Harzes an den jeweiligen Verarbeitungsschritt anzupassen. Insbesondere kann die Kompaktierrolle erhitzt werden, um die Klebrigkeit beim Aufpressen zu erhöhen. Auch hier werden die Rovings über Faserführungen direkt von Vorratsspulen zu dem Legekopf geführt.

**[0013]** Aus der FR 2 882 681 A1 ist ebenfalls eine Faserauftragsmaschine zum Herstellen von faserverstärkten Verbundstrukturen bekannt. Diese weist einen Legekopf zum Anbringen von Fasersträngen auf. Der Legekopf hat ebenfalls eine Auflegerolle zum Auflegen der Fasern auf eine Vorform. Weiter ist der Legekopf, der am Ende eines Roboterarms beweglich angebracht ist, mit einer Auftragsvorrichtung zum Auftragen von Harz auf jede Faser kurz vor dem Verlegen versehen. Damit lässt sich im Kopf beispielsweise ein Thermoplast als Bindematerial aufbringen. In dem Kopf ist auch eine Schneidvorrichtung zum Schneiden der Faserstränge in gewünschte Längen vorgesehen. Diese Schneidvorrichtung ist der Vorrichtung zum Aufbringen von Harz vorgelagert. Ein Transport der Faserstränge von der Schneidvorrichtung zu der Auflegerolle erfolgt mit Luft. Außerdem ist eine Kühlvorrichtung zum Kühlen der die Auflegerolle kontaktierenden Faserstränge vorgesehen, um die Klebrigkeit einzustellen. In der Harzauftragsvorrichtung können Heizeinrichtungen vorgesehen sein, um die Viskosität des Harzes zwecks Dosierung und Aufbringung einzustellen. Zu dem Legekopf werden eine Vielzahl von Fasersträngen, die nebeneinander zu einem Faserband vereinigt geleitet werden, geliefert.

Hierzu gibt es eine Transporteinrichtung, durch die die Endlosfaserstränge von Vorratsspulen bis zu dem Legekopf geführt sind.

**[0014]** Aus der DE 103 01 646 A1 ist ein Faden- oder Fasergelege sowie ein Herstellverfahren hierfür bekannt. Dabei werden einzelne Strangstücke eines Faserstrangmaterials spannungsfrei abgelegt. Dies erfolgt mittels einer Vielzahl von kombinierten Lege- und Trennvorrichtungen, die neben der Legefunktion zum Verlegen des einzelnen Faserstranges auch eine Trennfunktion zum Abtrennen des Faserstrangstückes aufweisen. Die Lege- und Trennvorrichtung ist rohrförmig ausgestaltet und kann eine gewisse Aufspreizfunktion aufweisen, in dem ein ursprünglich mit rundem Querschnitt versehener Faserstrang in einen flacheren, mehr rechteckigen Querschnitt gebracht wird. Die Ablage erfolgt in der Regel mit parallelen benachbarten Strangstücken. Die Fixierung der einzelnen abgelegten Faserstrangstücke zum Untergrund kann mittels Klemmmitteln, welche ein weiteres Aufspreizen bewirken, oder mittels Verkleben erfolgen.

**[0015]** Jedoch sind die bekannten Verfahren zum Herstellen von Preforms kompliziert in der Anwendung und der Prozesstechnik. Insbesondere bei solchen Bauteilen, wo gekrümmte Kraftflusslinien mit variierender Dichte zu erwarten sind, ist mit den bisher bekannten Methoden die Herstellung eines entsprechend kraftflussgerecht ausgelegten Bauteiles nicht möglich. Insbesondere können die Fasern nicht beliebig entlang definiert gekrümmter Bahnen orientiert werden, und der Fasergehalt lässt sich nicht lokal variieren.

**[0016]** Es ist demgemäß Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen von textilen Halbzeugen für kraftflussgerecht ausgelegte Faserverbundstrukturen zu schaffen, bei denen die Fasern einfacher und besser an komplizierte Kraftflussverläufe anpassbar sind. Insbesondere soll ein einfacheres Herstellverfahren für ein kraftflussgerecht ausgelegtes Bauteil ermöglicht werden, in welchem Fasern entlang beliebig definiert gekrümmter Bahnen orientierbar sind und der Fasergehalt lokal variierbar ist.

**[0017]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Herstellung von Preforms für kraftflussgerecht ausgelegte Faserverbundstrukturen mit den Schritten des beigefügten Patentanspruches 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Herstellverfahrens mit den Merkmalen des Anspruches 22 gelöst. Eine vorteilhafte Verwendung des Herstellverfahrens ist Gegenstand des nebengeordneten Anspruches 21.

**[0018]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0019]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren lässt sich eine Preform dadurch herstellen, dass zunächst ein Faserfilamentbündel, vorzugsweise ein Roving, flach aufgespreizt wird. Von diesem aufgespreizten Faserfilamentbündel wird dann ein Faserbandstück, in der folgenden Beschreibung auch Patch genannt, vorzugsweise mit vordefinierter Länge, abgeschnitten. Anschließend wird das Faserbandstück mittels einer Legevorrichtung aufgenommen und an einer vordefinierten Position platziert. Dort wird das Faserbandstück mittels eines Bindermaterials fixiert. Das Abschneiden, Verlegen und Fixieren von Faserbandstücken wird wiederholt, wobei die Faserbandstücke an unterschiedlichen vordefinierten Positionen platziert und fixiert werden. Dies erfolgt vorzugsweise derart, dass aus den mehreren aneinander und/oder an eventuelle weitere Bestandteile der Preform fixierten Patches die gewünschte Preform mit entsprechend kraftflussgerechter Faserorientierung gebildet wird. Es lässt sich dadurch zum Beispiel auch ein Bereich einer konventionell hergestellten Preform gezielt verstärken, beispielsweise indem an besonders belasteten Stellen Patches kraftflussgerecht abgelegt werden.

**[0020]** Die Erfindung, die auch Fiber-Patch-Preforming-Technologie genannt werden kann, ermöglicht durch einen speziellen Legeprozess das positionsgenaue Aufbringen kurzer Faserstücke (Patches). Über die Orientierung und Anzahl der Faserstücke können die geforderten Eigenschaften der Preform erfüllt werden.

**[0021]** Eine Orientierung auch entlang stärker gekrümmter Bahnen ist durch das Aufschneiden in kurze Faserstücke ermöglicht. Untersuchungen haben ergeben, dass trotz der Verwendung kurzer Faserstücke anstelle von Endlosfaserstrukturen dennoch – insbesondere aufgrund der exakten Orientierung und der besseren Anpassbarkeit – sehr hohe Festigkeitswerte erreichbar sind, wobei gegenüber den rein textilen Preforming-Verfahren eine wesentliche Vereinfachung des Legeprozesses ermöglicht ist.

**[0022]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können durch die Ablage gespreizter, kurz geschnittener Faserstücke kraftflussoptimierte Preformen hergestellt werden. In bevorzugten Ausgestaltungen schneidet ein Faserschneidwerk speziell vorgefertigte, bebinderte Faserbänder in kurze Stücke und übergibt diese an ein Vakuumfließband. Dort werden die Faserbandstücke vereinzelt und zu der Legevorrichtung transportiert. Die Übergabe der Faserbandstücke an einen Legekopf der Legevorrichtung erfolgt vorzugsweise fliegend über eine Kombination aus Ansaugmodulen und Abblasmodulen. In bevorzugter Ausgestaltung ist eine Heizvorrichtung an dem Legekopf vorgesehen, die das Faserbandstück während des Transports zum Ablegeort aufheizt und dadurch den Binder aktiviert. Der Legekopf presst das Faser-

bandstück auf die vordefinierte Stelle und löst sich dann vorzugsweise mit einem Abblasimpuls. Der Legekopf kehrt danach in Ausgangsposition zurück.

**[0023]** Die Technologie gemäß der Erfindung und/oder von deren bevorzugten Ausgestaltungen erlaubt die vollautomatische Produktion von komplexen Faserpreformen. Parameter wie Fasergehalt, Faserorientierung und Kurvenradien können weitgehend variiert werden.

**[0024]** Bevorzugt wird das Bindermaterial zum Fixieren des Faserbandstückes auf die Faserfilamente aufgetragen, wobei das Bindermaterial vorzugsweise ein thermisch aktivierbares Bindermaterial, beispielsweise ein Thermoplast, ist. Prozesstechnisch einfach lässt sich dies realisieren, wenn das Bindermaterial in Form von Pulver vorliegt und auf die Faserfilamente aufgebracht wird, und dort durch eine kurze Erwärmung anhaftet. Wenngleich möglich ist, das Bindermaterial während des Transportes zwischen dem Abschneiden und dem Platzieren aufzubringen, so hat es sich als prozesstechnisch einfacher realisierbar erwiesen, wenn das Bindermaterial vorher auf die Faserfilamente aufgetragen wird. Eine gute Verteilung unter gleichzeitig einfacher Anbringung lässt sich erreichen, wenn das Bindermaterial zwischen dem Aufspreizen und dem Abschneiden auf das aufgespreizte Faserfilamentbündel aufgetragen wird.

**[0025]** Um auch komplizierte dreidimensionale Gestaltungen ausbilden zu können, ist weiter bevorzugt, dass beim Platzieren das Faserbandstück auf einen Teilbereich einer Formfläche für die Preform gepresst wird. Dies lässt sich vorzugsweise dadurch erreichen, dass ein Legestempel mit einer elastischen Pressfläche an dem Legekopf verwendet wird.

**[0026]** Je kürzer die Faserbandstücke oder Patches abgeschnitten werden, desto kleinere Krümmungsradien lassen sich durch unterschiedliche Orientierung von in Faserrichtung hintereinander abgelegten Faserbandstücken nachbilden. Daher ist bevorzugt, dass zum Bilden des Faserbandstückes jeweils ein Stück von weniger als ca. 20 cm, insbesondere von weniger als ca. 10 cm abgeschnitten wird. Werden die Faserstücke sehr kurz, dann ergeben sich höhere Anforderungen an die Vorrichtungen zur Handhabung der Faserbandstücke, insbesondere an eine Schneidvorrichtung, die mit entsprechend kürzerem Abstand möglichst genau definiert abschneiden soll, sowie an die Legevorrichtung, die dann entsprechend mehr Faserbandstücke für eine gegebene Fläche der Preform verlegen muss. Daher wird als unterer Wert für die Länge der Faserbandstücke ca. 10 mm bevorzugt. Je nach Größe des herzustellenden Bauteiles können diese Größenangaben entsprechend variieren.

**[0027]** Ein Legekopf der Legevorrichtung wird erfin-

dungsgemäß – vorzugsweise automatisch – so gesteuert, dass er zwischen wenigstens einer oder mehreren Aufnahmepositionen, wo die einzelnen Faserbandstücke aufgenommen werden und den jeweils für die einzelnen Faserbandstücke vorbestimmten Positionen, wo die Faserbandstücke platziert werden, hin- und herverfahrbar ist.

**[0028]** Um die Faserbandstücke oder Patches nach dem Abschneiden zu vereinzeln oder mit einem genügend großen Abstand zueinander zu versehen, so dass sie sicher einzeln von der Verlegevorrichtung nacheinander ergriffen werden können, ist ein Transport mittels einer Transporteinrichtung bevorzugt, die eine größere Transportgeschwindigkeit als die Fördergeschwindigkeit des gespreizten Faserfilamentbündels zu einer Schneidvorrichtung hat.

**[0029]** Um die Faserbandstücke lagegenau zu positionieren, ist es weiter bevorzugt, dass die einzelnen Patches an der Transporteinrichtung und/oder der Legevorrichtung, insbesondere an einem Legekopf davon, festgehalten werden. Dies ist bevorzugt mit pneumatischen Kräften, insbesondere mittels Ansaugen und Abblasen, durchführbar. Das Festhalten mittels pneumatischem Ansaugen hat den Vorteil, dass die einzelnen Faserbandstücke, die aufgespreizt sind, wobei einzelnen Filamente vorzugsweise bereits durch Bindermaterial vorfixiert sind, flach ohne Verwerfungen aufliegen können. Aufgrund der flachen aufgespreizten Struktur des Faserbandstückes ist das Festhalten problemlos möglich. Dies wäre insbesondere bei gewirkten oder sonstigen vorgefertigten Fasergeweben oder Fasergelegen nach dem Stand der Technik nicht der Fall, da diese aufgrund ihrer Dimensionen und aufgrund ihrer Luftdurchlässigkeit durch Saugkräfte nicht zuverlässig fixiert werden können.

**[0030]** Als Filamentbündel, welches zum Liefern des Ausgangsmaterials aufgespreizt wird, wird vorzugsweise ein Roving, insbesondere ein Kohlenstoff-Roving verwendet.

**[0031]** Die Faserbandstücke oder Patches werden zum Beispiel so verlegt, dass sie sich an Randbereichen teilweise überlappen, so dass eine Fixierung der Faserbandstücke aneinander erfolgen kann. Andererseits ist das Überlappen benachbarter Faserbandstücke unter dem Aspekt unerwünscht, dass aufeinanderliegende Fasern benachbarter Faserbandstücke zu Aufdickungen führen können, die die Festigkeit beeinträchtigen können. Wenn man das Abschneiden der Patches bzw. Faserbandstücke entlang von bogenförmigen Schneidlinien, insbesondere entlang von kreisbogenförmigen Schneidlinien durchführt, dann lässt sich an einem Ende jedes Faserbandstückes ein konkaver Kantenbereich und an einem anderen Ende des Faserbandstückes ein komplementärer konvexer Kantenbereich erhalten.

Die Faserbandstücke können dann mit ihren entsprechend bogenförmig gekrümmten Schneidkanten aneinanderliegend aneinandergereiht werden, wobei Überlappungen oder Lücken minimiert werden. Insbesondere bei einer kreisbogenförmigen Schneidkante können dabei die Faserbandstücke eng aneinanderliegend mit verschiedenen Faserausrichtungen zueinander orientiert werden, ohne dass Aufdickungen oder Überlappungen entstehen.

**[0032]** Eine Fixierung der Faserbandstücke an ihrer vorbestimmten Position und in ihrer vorbestimmten Orientierung in der Preform kann beispielsweise anhand links und rechts benachbarter Faserbandstücke oder anhand einer versetzt aufgebrachten weiteren Lage von Faserbandstücken, wobei die aufeinanderliegenden Faserbandstück-Lagen mittels des Bindematerials fixiert werden, oder insbesondere im Falle, dass die Fiber-Patch-Technologie zur bereichsweisen Verstärkung von Preformen eingesetzt wird, an weiteren Bestandteilen der Preform, beispielsweise an einem konventionellen Fasergelege, erreicht werden.

**[0033]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lässt sich somit eine Preform in einer Art Patchwork-Legeanordnung unter Anpassung der Anzahl und der Orientierung der einzelnen Patches erzielen.

**[0034]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der dargestellten Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigt:

**[0035]** [Fig. 1](#) eine schematische Übersichtsdarstellung über eine Vorrichtung zur Herstellung einer Preform zwecks Herstellung kraftflussgerechter Faserverbundstrukturen;

**[0036]** [Fig. 1a](#) eine schematische Darstellung einer alternativen Ausgestaltung der Vorrichtung von [Fig. 1](#) an einer durch eine strichpunktierter Linie angedeuteten Trennebene;

**[0037]** [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung einer bei der Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#) verwendbaren Abrollvorrichtung zum Abrollen eines in der Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#) verarbeitbaren Faserfilamentbündels;

**[0038]** [Fig. 3](#) eine schematische perspektivische Darstellung eines in der Abrollvorrichtung von [Fig. 2](#) verwendbaren Positionssensors sowie ein Diagramm von dessen Kennlinie;

**[0039]** [Fig. 4](#) eine perspektivische Ansicht einer an sich bekannten Spreizvorrichtung zur Erläuterung des Wirkungsprinzips einer in der Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#) eingesetzten Spreizung eines Faserfilamentbündels;

**[0040]** [Fig. 5](#) eine perspektivische schematische

Darstellung einer bei der Vorrichtung von [Fig. 1](#) verwendbaren Spreizeinrichtung;

[0041] [Fig. 6a](#) eine schematische Seitenansicht einer bei der Vorrichtung von [Fig. 1](#) verwendbaren Lockerungseinrichtung;

[0042] [Fig. 6b](#) eine schematische Darstellung des Wirkungsprinzips der Lockerungseinrichtung von [Fig. 6a](#);

[0043] [Fig. 7](#) eine schematische Seitenansicht einer bei der Vorrichtung von [Fig. 1](#) verwendbaren Bebindeeinrichtung;

[0044] [Fig. 8](#) eine schematische Seitenansicht von bei einer Ausführungsform einer Vorrichtung zur Herstellung einer Preform eingesetzten Kombination aus Schneidvorrichtung und Legevorrichtung;

[0045] [Fig. 9/10](#) schematische Darstellungen des Wirkungsprinzips der Schneidvorrichtung von [Fig. 8](#);

[0046] [Fig. 11](#) eine schematische Darstellung von vorgegebenen Bahnen zur Ablage von Fasern durch eine der Vorrichtungen gemäß [Fig. 1](#) oder [Fig. 8](#);

[0047] [Fig. 12](#) eine Reihe von durch die Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#) abgelegten Faserbandstücken;

[0048] [Fig. 13](#) eine schematische Darstellung einer mit einer der Vorrichtungen gemäß [Fig. 1](#) oder [Fig. 8](#) herstellbaren Preform;

[0049] [Fig. 14](#) eine schematische Querschnittsansicht durch einen bei der Legevorrichtung von [Fig. 8](#) oder [Fig. 1](#) verwendbaren Legekopf;

[0050] [Fig. 15](#) eine Unteransicht auf den Legekopf von [Fig. 14](#) und;

[0051] [Fig. 16](#) eine detailliertere schematische perspektivische Darstellung der Legevorrichtung aus [Fig. 8](#).

[0052] In [Fig. 1](#) ist eine insgesamt mit **10** bezeichnete Preform-Herstellvorrichtung in der Übersicht dargestellt. Mit dieser Preform-Herstellvorrichtung lässt sich ein kompliziertes textiles Halbzeug mit kraftflussgerecht verlaufenden Faserfilamenten zur Herstellung von Faserverbundstrukturen selbst bei kompliziertem Aufbau des Halbzeugs in einfacher Weise herstellen. Derartige textile Halbzeuge werden Preforms genannt. Die Herstellung dieser Preforms erfolgt in der Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#) aus mittels Bindematerial fixierten einzelnen kurzen Faserstücken, die zuvor von einem speziell vorbereiteten Faserfilamentstrang oder Faserband abgeschnitten worden sind. Die Preform-Herstellvorrichtung lässt

sich somit in eine Aufbereitungsgruppe **12** zur Aufbereitung des Faserbandes **14** und in eine Schneid- und Legegruppe **16** zum Abschneiden von Faserbandstücken und Verlegen derselben aufteilen. Mit einer strichpunktieren Linie ist die mögliche Trennung **15** zwischen diesen Gruppen **12** und **16** angedeutet.

[0053] [Fig. 1](#) zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer solchen Schneid- und Legegruppe **16**; ein zweites Ausführungsbeispiel einer solchen Schneid- und Legegruppe **16** ist in [Fig. 8](#) dargestellt.

[0054] Zunächst wird anhand der [Fig. 1](#) der Gesamtaufbau sowie das Wirkungsprinzip der Preform-Herstellvorrichtung **10** erläutert, wonach dann anhand der weiteren Figuren deren einzelne Baugruppen erläutert werden.

[0055] Wie aus [Fig. 1](#) ersichtlich, weist die Preform-Herstellvorrichtung **10** eine Abrollvorrichtung **18**, eine Spreizvorrichtung **20**, eine Bebindevorrichtung **22**, eine Schneidvorrichtung **24**, eine Transporteinrichtung **26**, eine Legevorrichtung **28** sowie ein Vorform **30** auf. Diese Einzelvorrichtungen **18**, **20**, **22**, **24**, **26**, **28** und **30** sind jeweils für sich verkehrsfähig und auch ohne die jeweils anderen Vorrichtungen zum Erfüllen ihrer Einsatzzwecke verwendbar. Die hiesige Offenbarung umfasst daher auch die jeweiligen Vorrichtungen **12**, **16**, **18**, **20**, **22**, **24**, **26**, **28**, **30** jeweils einzeln und alleine.

[0056] Die Abrollvorrichtung **18** dient zum Liefern eines Faserfilamentstranges, beispielsweise eines Rovings **32**. Die Abrollvorrichtung **18** ist, wie dies im folgenden noch näher erläutert ist, derart ausgebildet, dass ein verdrehfreies Abrollen des Rovings **32** ermöglicht ist. Zum Herstellen von kohlefaserverstärkten (CFK) Bauteilen wird bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ein Kohlenstoff-Roving verwendet.

[0057] Die Spreizvorrichtung **20** dient zum möglichst breiten Aufspreizen der einzelnen Filamente des Rovings **32**, um so ein möglichst flaches Faserband **14** aus möglichst wenigen Lagen nebeneinanderliegender einzelner Filamente zur Verfügung zu stellen. Hierzu weist die Spreizvorrichtung **20**, wie dies nachfolgend noch näher erläutert wird, eine Spreizeinrichtung **34** und eine Lockerungseinrichtung **36** auf.

[0058] Die Bebindevorrichtung **22** dient dazu, Filamente des Faserbandes **14** und/oder einzelne Faserbandstücke davon mit einem Bindematerial **38** zu versehen, das zum Fixieren der Faserbandstücke in der Preform dient. In der in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsform ist die Bebindevorrichtung **22** Teil der Aufbereitungsgruppe **12** und wird so zum Versehen des aufgespreizten Faserbandes **14** mit Bindematerial **38** verwendet. In nicht dargestellten Ausführungsformen der Preform-Herstellvorrichtung

**10** lässt sich zusätzlich oder alternativ eine Bebindervorrichtung **22** der Schneid- und Legegruppe **16** zuordnen, um dann die bereits abgeschnittenen Faserstücke mit Bindermaterial **38** zu versehen.

**[0059]** Die Schneidvorrichtung **24** ist zum Abschneiden von Stücken definierter Länge von dem Faserband **14** (Faserstücke) ausgebildet. Die einzelnen Faserbandstücke werden im folgenden als Patches **40**, **40'**, **40''** bezeichnet.

**[0060]** Die Transporteinrichtung **26** dient zum Vereinzelnen der Patches **40** und zum Transportieren derselben zu der Legevorrichtung **28**.

**[0061]** Die Legevorrichtung **28** ist derart ausgebildet, dass sie einzelne Patches **40** erfassen kann und an vordefinierte Positionen, hier an der Vorform **30** platzieren kann. Die Vorform **30** dient dazu, der Preform **42** eine vorgegebene dreidimensionale Flächengestaltung zu geben.

**[0062]** Die Preform-Herstellvorrichtung **10** weist weiter eine hier mehrere Steuerungen **44a**, **44b** aufweisende Steuerungsvorrichtung **44** auf, die die Einzelvorrichtungen **12**, **18**, **20**, **22**, **26**, **30** derart steuert, dass nach Art einer Patchwork-Decke aus oder mit den einzelnen Patches **40** die Preform **42** gebildet wird.

**[0063]** Mit der Preform-Herstellvorrichtung **10** lässt sich somit folgendes Herstellverfahren zum Herstellen einer Preform **42** für eine kraftflussgerechte Faserverbundstruktur automatisch durchführen: Zunächst wird ein in Form des Rovings **32** vorliegendes Faserfilamentbündel gespreizt und mit dem in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel thermisch aktivierbaren Bindermaterial **38** versehen. Das so zur Verfügung gestellte bebinderte Faserband **14** wird anschließend in die Stücke definierter Länge – Patches **40** – geschnitten. Die Patches **40** werden einzeln und zu der Legevorrichtung **28** transportiert. Die Legevorrichtung **28** platziert jedes Patch **40** an einer jeweils vordefinierten Position **46** an der Vorform **30** und presst das Patch **40** auf die Vorform **30** auf.

**[0064]** Mit der Preform-Herstellvorrichtung **10** lässt sich somit eine Fiber-Patch-Preforming-Technologie durchführen, die durch einen speziellen Legeprozess das positionsgenaue Aufbringen kurzer Faserstücke ermöglicht. Über die Orientierung und Anzahl der Faserstücke können die geforderten Eigenschaften der Preform **42** erfüllt werden. Dadurch können Fasern entlang definiert gekrümmter Bahnen orientiert werden; und der Fasergehalt kann lokal variieren.

**[0065]** Durch die Ablage gespreizter, kurz geschnittener Faserbandstücke – Patches **40** – können kraftflussoptimierte Preformen **42** hergestellt werden. Ein Faserschneidwerk **48** schneidet die speziell vorgefer-

tigten, bebinderten Faserbänder **14** in kurze Stücke, und übergibt diese an ein Vakuumfließband **50** der Transporteinrichtung **26**.

**[0066]** Die Übergabe der Patches **40** von dem Vakuumfließband **50** an einen Legekopf **52** der Legevorrichtung **28** erfolgt fliegend über eine Kombination aus Ansaug- und Abblasmodulen. Der Legekopf **52** heizt den Patch **40** während des Transports zum Ablegeort auf und aktiviert dadurch das Bindematerial **38**. Der Legekopf **52** presst den Patch **40** auf die vordefinierte Stelle und löst sich dann mit einem Abblaspuls. Der Legekopf **52** kehrt danach in die Ausgangsposition zurück.

**[0067]** Diese Technologie erlaubt die vollautomatische Produktion von komplexen Faser-Preformen. Parameter wie Fasergehalt, Faserorientierung und Kurvenradien können weitgehend variiert werden.

**[0068]** In den hier dargestellten Ausführungsformen werden zum Herstellen der Preformen **42** gespreizte Kohlenstofffasern anstatt textiler Halbzeuge verwendet. Die Länge der Fasern ist sehr kurz (wenige Zentimeter) im Vergleich zu vorkonfektionierten Gelegen, die Langfasern verwenden. Durch eine spezielle Positionierung der Kurzfasern – in den Patches **40** – können ähnlich hohe mechanische Kennwerte wie bei Langfaserverbunden erreicht werden.

**[0069]** Die Kurzfasern können relativ exakt entlang komplexer Kraftflusspfade gelegt werden. Bei zuvor zum Herstellen von solchen Preformen eingesetzten textilen Zuschnitten können nur Vorzugsorientierungen eingestellt werden. Dadurch können mit der hier dargestellten Technologie extreme geometrische Formen dargestellt werden. Das Herstellverfahren ist vollautomatisiert und es können Dickenvariationen innerhalb einer Preform und/oder veränderte Faser volumengehalte erhalten werden.

**[0070]** In dem in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsbeispiel der Preform-Herstellvorrichtung **10** wird in der Schneid- und Legegruppe **16** als Faserschneidwerk **48** ein Laser **54** verwendet, der prozessorgesteuert exakt relativ zu dem Faserband **14** bewegbar ist. Weiter ist in [Fig. 1](#) als Legemechanik **184** zur Bewegung des Legekopfes **52** ein Roboterarm angedeutet. Die Vorform **30** ist exakt und definiert relativ hierzu bewegbar und drehbar, um verschiedene komplexe 3D-Strukturen von Preformen **42** einfach erzeugen zu können.

**[0071]** Zusammenfassend ist ein Grundgedanke der hier vorgestellten Ausführungsform der Fiber-Patch-Preforming-Technologie, Kohlenstofffaser-Rovings **32** möglichst breit aufzuspreizen, mit Binderpulver zu beschichten und mit einer neuen Schneidtechnik in definiert lange Stücke, sogenannte Patches **40**, zu schneiden. Diese Patches **40** werden

dann von der speziellen Legevorrichtung **28** aufgenommen, an eine vordefinierte Position platziert und mittels dem Bindermaterial **38** fixiert. Damit sind verschiedenste Bauteilgeometrien und Faserarchitekturen erzeugbar.

**[0072]** Bei dem hier dargestellten Herstellprozess werden gespreizte Fasern eingesetzt. Eine Faserspreizung bildet eine Grundlage dafür, lokale Ansammlungen von Faserenden innerhalb des späteren Verbundwerkstoff zu vermeiden, da diese Spannungskonzentrationen verursachen und schlimmstenfalls zum Bauteilversagen führen könnten. Durch eine Spreizung reduziert sich die Dicke des Rovings **32**. Damit können mehr durchgängige Fasern in den Einflussbereich eines Faserendes gelangen und Spannungsspitzen kompensieren. Des Weiteren wird bei überlappendem Ablegen die Stufe am Schnittende eines Rovings **32** reduziert. Eine solche Stufe könnte bei einem ungespreizten Roving bis zu 250 µm hoch sein und würde zur Auslenkung der darüber liegenden Kohlenstofffaser aus der Kraftflussrichtung führen. Zusätzlich könnte dort eine harzreiche Zone entstehen, die sich negativ auf die Festigkeit des Materials auswirkt.

**[0073]** Um eine Spreizung möglichst wirksam durchzuführen, sollten Verdrehungen des Roving **32** vermieden werden, da querlaufende Filamente einen gespreizten Roving wieder einschnüren könnten. Die Spannung innerhalb des Roving **32** sollte im gespreiztem Zustand konstant sein, da durch Spannungsunterschiede die Spreizbreite und Spreizqualität beeinflusst werden könnte.

**[0074]** Die Abrollvorrichtung **18**, die im folgenden anhand der [Fig. 2](#) näher erläutert wird, dient dazu, einen Roving **32** von einer Vorratsspule **56** ohne Verdrehung anliefern zu können und die Pendelbewegung des Rovings **32** beim Abzug von der Vorratsspule **56** auszugleichen. Die Abrollvorrichtung **18** weist hierzu eine bewegliche Lagerung **58** der Vorratsspule **56** derart auf, dass sich die Vorratsspule **56** entsprechend der Lage des gerade abzurollenden Bereiches des Rovings **32** nachbewegt, so dass die Abrollposition möglichst konstant bleibt.

**[0075]** Hierzu weist die Lagerung **58** einen entlang einer Linearführung **60** gelagerten Schlitten **62** auf. Der Schlitten **62** ist mittels Schrittmotoren und in dem hier dargestellten Beispiel mittels einer Antriebsspinde in Richtung der Drehachse der Vorratsspule **56** bewegbar. Die Bewegung des Schlittens **62** wird von einem Motor **66** mit integrierter Steuerung angetrieben. Ein Sensor **68** beobachtet die aktuelle Position **70** des Rohlings **32** und steuert damit die Drehbewegung des Motors **66**.

**[0076]** Als Sensor **68** dient hierzu eine ortsauflösende Fotodiode **72**, die in [Fig. 3](#) zusammen mit ihrer

Kennlinie dargestellt ist. Eine Diodenzeile der Fotodiode **72** registriert den Schatten des Rovings **32** und gibt die Position über eine Verstärkerschaltung (nicht explizit dargestellt) als Analogsignal aus. Der Mittelpunkt eines Schattens entspricht ortsabhängig einem bestimmten Spannungswert. Das Analogsignal wird als bipolares Spannungssignal an die Steuerung des Motors **66** übergeben, wobei 0 Volt der Sensormitte entspricht. Zusätzlich wird der Sensor **68** mit einem IR-LED-Scheinwerfer bei einer bestimmten Frequenz, beispielsweise 10 KHz, angeblitzt, um eine Beeinflussung des Messsignals durch Umgebungslicht zu verhindern. Dieser Sensor **68** ist auf die speziellen Anforderungen einer die Lage des Rovings **32** auf der Vorratsspule **56** kompensierenden Abrollung optimiert und erlaubt noch weitere Einstellungen, wie zum Beispiel Mittelpunktverschiebung und Biegeanpassung. Die Kombination aus ortsauflösender Fotodiode **72** und gesteuertem Servomotor **66** hat den Vorteil, dass die Gegenbewegung in Abhängigkeit der aktuellen Bewegungsgeschwindigkeit des Rovings **32** ausgelöst wird. Bei langsamen Abzugsgeschwindigkeiten werden relativ langsame Kompensationsbewegungen ausgelöst, während hohe Abzugsgeschwindigkeiten entsprechend schnelle Gegenbewegungen auslösen. Dadurch wird der Roving **32** weitgehend schwingungsfrei als flaches Bändchen **74** abgerollt. Am Ende der Abrollvorrichtung **18** umläuft der Roving **32** in einer S-förmigen Bewegung zwei Röllchen **75**, hier zwei taillierte Edelstahlröllchen, die zusätzlich letzte Schwingungen beruhigen. Die Abrollvorrichtung **18** lässt sich anders als in [Fig. 1](#) dargestellt auch vollkommen autonom von den übrigen Baugruppen betreiben und benötigt im Grunde nur eine Energieversorgung, beispielsweise einen Stromanschluss.

**[0077]** Der Roving **32** durchläuft im Anschluss an die Abrollvorrichtung **18** eine Spreizstrecke in der Spreizvorrichtung **20**.

**[0078]** Die Spreizvorrichtung **20** weist, wie oben bereits erwähnt, zunächst die Spreizeinrichtung **34** auf, die genauer in [Fig. 5](#) dargestellt ist und deren Wirkungsprinzip zunächst anhand der [Fig. 4](#) erläutert wird.

**[0079]** [Fig. 4](#) zeigt eine Prinzipskizze eines bereits aus der DE 715 801 C bekannten alten mechanischen Spreizprinzips. Hier durchläuft ein Faserstrang **14** nacheinander eine gebogene Stange **76** und dann eine gerade Stange **78**. Die Kombination aus einer geraden und einer gebogenen Stange sorgt bei in [Fig. 4](#) dargestellten, grundsätzlich bekannten Radiuspreizern dafür, dass die auf die Faser wirkende Zugkraft umgeleitet wird. Es wirkt nun auch eine Kraft, die die Faser auf die gebogene Stange presst. An der höchsten Stelle der Auslenkung wirkt auf die Filamente die höchste Kraft. Mit zunehmender Entfernung von dieser Stelle wird die Kraft geringer. Das

heißt, Filamente können der Belastung ausweichen, wenn sie auf der gebogenen Stange nach außen wandern. Dabei hängt es jedoch von der Zugkraft auf die Faser, der Reibung zwischen Faser und Stange, der Position der Stangen zueinander und von der Biegung der Stange ab, wie das Spreizergebnis aussieht. Bei einer extremen Biegung ist die Differenz der wirkenden Kräfte zwischen der höchsten Stelle und einer Außenposition so groß, dass die Oberflächenreibung der Stange keine Rolle mehr spielt. Die Filamente werden schlagartig nach außen wandern, d. h. der Roving **32** würde abrutschen oder sich spalten. Ist die Biegung zu gering, dann fällt das Spreizverhältnis zu niedrig aus.

**[0080]** Aufgrund dessen ist der in [Fig. 4](#) dargestellte Radiusspreizer für die industrielle Bearbeitung von Rovings **32** zur Aufbereitung für die Preform-Herstellung in industriellem Maßstab nicht geeignet. Insbesondere würden Fehler im Roving **32**, wie zum Beispiel Verdrehungen, Spalte oder Faltungen zum Abrutschen oder zum Spalten im gespreizten Material führen.

**[0081]** Die in [Fig. 5](#) dargestellte Spreizeinrichtung **34** löst Probleme mit der Materialqualität von Rovings oder von sonstigen aufzuspreizenden Faserfilamentbündeln, indem der Roving **32** bzw. das Faserfilamentbündel immer wieder neu auf wenigstens eine konvex gebogene Spreizkante aufgesetzt wird. Hierzu weist die Spreizeinrichtung **34** wenigstens eine konvex gebogene Spreizkante **80** auf, die sich mit wenigstens einer Richtungskomponente senkrecht zur Längserstreckung des Rovings **32** oder des sonstigen Faserfilamentbündels relativ zu diesem so bewegt, dass dieses auf die konvex gebogene Spreizkante **80** unter Spannung aufgelegt wird und sich anschließend wieder mit wenigstens einer Richtungskomponente senkrecht von dem Roving **32** oder dem Faserfilamentbündel wegbewegt, so dass sich dieses von der Spreizkante **80** löst.

**[0082]** Die wenigstens eine Spreizkante **80** ist in praktischer Ausgestaltung an einem radialen Vorsprung **82** an einer Drehwelle **84** ausgebildet.

**[0083]** Bei der bevorzugten Ausgestaltung gemäß dem in [Fig. 5](#) dargestellten Ausführungsbeispiel sind wenigstens zwei Kanten, von denen wenigstens eine als konvex gebogene Spreizkante **80** ausgebildet ist, von entgegengesetzten Richtungen auf den Roving **32** bzw. das Faserfilamentbündel zu bewegbar. Bei dem Ausführungsbeispiel sind hierzu zwei Drehwellen **84**, **86** mit radialen Vorsprüngen **82** vorgesehen, wobei sich die Drehwellen **84**, **86** gegenläufig zueinander drehen.

**[0084]** Neben ersten radialen Vorsprüngen **82**, an denen konvex gebogene Spreizkanten **80** ausgebildet sind, sind in bevorzugter Ausgestaltung auch

noch zweite radiale Vorsprünge **88** vorgesehen, welche mit geradlinigen Kanten **90** auslaufen. Dadurch ist eine Spreizvorrichtung geschaffen, bei der sich wenigstens eine konvex gebogene Spreizkante **80** und wenigstens eine geradlinige Kante **90** von entgegengesetzten Richtungen aus auf dem Roving **32** oder das Filamentbündel zu bewegen können, bis der Roving **32** bzw. das Filamentbündel ähnlich der in [Fig. 4](#) dargestellten Weise zwischen den Kanten **80**, **90** gespreizt wird. Die Kanten **80**, **90** sind auch zur Entlastung des Rovings **32** bzw. des Faserfilamentbündels wieder in entgegengesetzter Richtung zurückführbar.

**[0085]** Besonders einfach ist dies bei der Ausgestaltung gemäß [Fig. 5](#) dadurch realisiert, dass an den gegenläufig, hier mittels eines Zahnradgetriebes **92**, angetriebenen Drehwellen **84**, **86** mehrere, die radialen Vorsprünge **82**, **88** bildende Flügel **94** ausgestaltet sind, die sich im wesentlichen in axialer Richtung erstrecken und an deren radial äußersten Bereichen die Kanten **80** oder **90** ausgebildet sind. Dabei folgt auf einen Flügel **94** mit der geradlinigen Kante **90** in Umfangsrichtung ein Flügel mit der konvex radial nach außen gebogenen Spreizkante **80** und daraufhin wieder ein Flügel **94** mit geradliniger Kante **90** u. s. w.

**[0086]** In einer anderen Ausgestaltung sind die Kanten sämtlicher Flügel **94** als konvex radial nach außen gebogene Spreizkanten **80** ausgestaltet. Durch die Anordnung an sich gegenläufig bewegenden Bewegungsorganen, bei dem Ausführungsbeispiel die beiden Drehwellen **84**, **86**, werden die Fasern jeweils zwischen zwei gegenläufig gebogenen Spreizkanten **80** aufgespreizt.

**[0087]** Auf diese Art und Weise ist die Spreizeinrichtung **34** sozusagen als Flügelspreizer ausgebildet, der für eine immer wieder erneute Auflage des Rovings **32** auf Spreizkanten **80** sorgt. Zusätzlich wird eine Schlichte auf dem Roving **32** oder dem Faserfilamentbündel durch die wechselseitige Biegung aufgebrochen, und die Filamente **100** können sich unabhängig voneinander bewegen.

**[0088]** In der Spreizvorrichtung **20** folgt auf die als Flügelspreizer ausgebildete Spreizeinrichtung **34** in Förderrichtung des Rovings **32** weiter die Lockerungseinrichtung **36**, die in der hier vorgestellten Ausgestaltung als Saugkammer nach dem sogenannten Fukui-Prinzip ausgestaltet ist. Die Saugkammer **96** kann von der Art sein, wie sie in der US 6 032 342 A beschrieben ist. Der aufgelockerte und vorgespreizte Roving **32** wird dabei von einem starken laminaren Luftstrom **98** in die Saugkammer **96** gezogen. Die einzelnen Filamente **100** werden von Luft umströmt und können relativ leicht übereinander gleiten. Des Weiteren kann die Saugkammer **96** leichte Schwankungen in der Spannung des Rovings **32** ausglei-

chen.

**[0089]** Bei der Herstellung von Kunststofffasern werden die Filamentbündel oftmals frei geführt und durch Ösen geleitet. Dabei können sich Teile der Filamente **100** um den Rest des Bündels drehen und zu Rovingeinschnürungen schon bei der Herstellung führen. Nach dem Aufwickeln auf eine Roving-Spule sind diese Fehler zunächst kaum sichtbar, da das Filamentbündel flach aufgezogen wird. Nach der Auflockerung der Filamentbündel in der Spreizeinrichtung **34** sind querlaufende Rovingteile jedoch deutlich sichtbar. Dieser Effekt kann zu Lücken und Verschiebungen im Roving **32** führen, die die Spreizqualität negativ beeinflussen.

**[0090]** Um ein möglichst homogenes Spreizbild zu erreichen, wird bei einer nicht explizit dargestellten Ausführungsform der Erfindung eine mehrstufige Spreizung vorgesehen, bei der das Spreizverhältnis stufenweise gesteigert wird. Hierzu ist zunächst eine erste Spreizeinrichtung **34** und eine erste Lockerungseinrichtung **36** zum Spreizen des Rovings **32** auf ein erstes Breitenmaß, beispielsweise auf einen Wert zwischen 8 mm und 16 mm, vorgesehen. Danach folgt eine weitere Stufe mit einer weiteren Spreizeinrichtung **34** und einer weiteren Lockerungseinrichtung **36** mit größeren Abmaßen als die erste Spreizeinrichtung und die erste Lockerungseinrichtung, um so eine Spreizung auf eine größere Breite, beispielsweise einen Wert zwischen 20 mm und 35 mm durchzuführen.

**[0091]** Danach liegt der Roving **32** als breites dünnes Band, das Faserband **14**, vor.

**[0092]** Im weiteren Verlauf wird dieses Faserband **14** noch mit einer geringen Menge des Bindermaterials **38** ausgerüstet.

**[0093]** Theoretisch liegen bei einem perfekt gespreizten, 30 mm breiten 12k-Roving nur noch drei Filamente übereinander. Dabei wurde ein Durchmesser der Filamente **100** von 7 µm und eine höchste Packungsdichte angenommen. In der Realität weist ein Roving **32** jedoch immer Spreizfehler auf, die stellenweise zu dickeren Bereichen und damit zu einer höheren Anzahl von Filamentenden führen können.

**[0094]** Das Versehen des so aufgespreizten Rovings **32** mit Bindermaterial **38** wird in der in [Fig. 7](#) vom Prinzip her dargestellten Bebinderungsanordnung **22** durchgeführt. Die Bebinderungsanordnung **22** ist vom Grundprinzip her nach Form eines Pulverstreuers ausgebildet, wie er beispielsweise in der US 3 518 810 A, der US 2 489 846 A, der US 2 394 657 A, der US 2 057 538 A oder der US 2 613 633 A beschrieben ist. Er hat demnach einen Trichter **102**, an dessen Ausgang eine mit radialen Erhebungen **104** versehene Walze **106** vorbeiläuft.

**[0095]** Die Walze **106** ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel eine gerändelte Stahlwalze, die mit ihrer rauen Oberfläche den Pulvertransport übernimmt. Diese Walze **106** wird ihrerseits von einer Ausbürstwalze **108** bearbeitet, die das pulverförmige Bindermaterial **38** von der Walze **106** entfernt und auf das darunter vorbeilaufende Faserband **14** streut.

**[0096]** Zwischen dem Faserband **14** und dem Auftragmechanismus kann eine Spannung  $U$  angelegt sein, so dass sich das Pulver, wie bei einer Pulverlackbeschichtung, elektrostatisch an das Faserband **14** anlegt.

**[0097]** Die Transport-Walze **106** sowie die Ausbürstwalze **108** sind durch zwei getrennte Elektromotoren **110** und **112** angetrieben, um die Streuparameter möglichst frei einstellen zu können. Die Steuerung erfolgt über eine Steuereinrichtung **114**, die Teil der Steuerungsvorrichtung **44** sein kann.

**[0098]** Um zu vermeiden, dass das Pulver an Engstellen blockieren und Maschinenteile verklemmen kann, ist der Trichter **102** nicht am Rest der Bebinderungsanordnung **22** fest fixiert, sondern an einem Halter **116** gehalten, der Ausgleichsbewegungen zulässt. Ein Vorteil des Halters **116** ist dabei, dass der Trichter **102** im laufenden Betrieb schwingen kann und das Pulver automatisch nach unten gerüttelt wird. Das Pulver wird in genau dosierbarer Menge auf die Oberfläche des darunter mit einer definierten Geschwindigkeit, beispielsweise im Bereich von 3 bis 6 m/min, durchlaufenden Rovings **32** aufgestreut. Überschüssiges Pulver fällt am Roving **32** vorbei in einen Auffangbehälter (nicht dargestellt) und kann später wieder in den Prozess eingeführt werden.

**[0099]** Messungen haben gezeigt, dass die aufgestreute Menge an Bindermaterial nahezu linear von der Drehgeschwindigkeit der Walze **106** abhängt.

**[0100]** Die Bebinderungsanordnung **22** weist weiter noch eine Heizeinrichtung **118** auf, um die Pulverpartikel des bei Heiztemperaturen schmelzenden Bindermaterials **38** an die Oberfläche der Filamente **100** zu fixieren.

**[0101]** Bei der dargestellten Ausführungsform weist die Heizeinrichtung **118** eine ca. 100 mm bis 500 mm lange Heizstrecke auf. Die bevorzugte Ausgestaltung der Heizeinrichtung **118** ist mit Heizstrahlern, hier mit Infrarot-Heizstrahlern **120** ausgestattet. Die Heizleistung der Heizeinrichtung **118** kann durch die Steuereinrichtung **114** genau eingestellt werden.

**[0102]** Die Binderpartikel werden leicht angeschmolzen und binden sich an die Faseroberfläche.

**[0103]** Danach kann – wie dies in [Fig. 1a](#) angedeutet ist – das fertige Faserband **14** auf eine spezielle

Filmspule **121** aufgerollt werden und für eine spätere Verwendung zwischengelagert werden.

[0104] Bei dem in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsbeispiel wird das so speziell vorgefertigte Faserband **14** der Schneidvorrichtung zugeführt, wo es in die Patches **40, 40', 40''** aufgeteilt wird und anschließend mittels der Legevorrichtung **28** verlegt wird.

[0105] [Fig. 1a](#) zeigt eine Ausführung mit getrennten Gruppen **12, 16** unter Verwendung der Filmspulen **121** als Beispiel für eine Zwischenlagerung. Die Gruppen **12, 16** könnten so auch an getrennten Produktionsstandorten stehen.

[0106] In [Fig. 8](#) ist eine zweite Ausführungsform der Schneid- und Legegruppe **16** näher dargestellt. Bei dieser Ausgestaltung gemäß [Fig. 8](#) weist die Schneidvorrichtung **24** ein Faserschneidwerk **122** mit einer Messereinrichtung **124** und einer Gegenwalze **126** sowie mit wenigstens einer oder, wie hier dargestellt, mehreren Förderwalzen **128** auf.

[0107] Die Messereinrichtung **124** lässt sich abhängig von der Drehgeschwindigkeit der Gegenwalze **126** und/oder der Förderwalzen **128** zum Abschneiden von Patches **40** mit definierter Länge betätigen.

[0108] Insbesondere weist die Messereinrichtung **124** einen (nicht näher dargestellten) Kupplungsmechanismus auf, der einen Antrieb der Messereinrichtung **124** mit einem Antrieb für die Walzen **126, 128** kuppelt.

[0109] Die Messereinrichtung **124** ist in dem dargestellten Beispiel mit einer Messerwalze **130** versehen, die als radiale Vorsprung wenigstens eine, hier mehrere Messerkanten **132** aufweist. Die Messerwalze **130** ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel weiter durch die nicht näher dargestellte Kupplungseinrichtung so an den Antrieb der Gegenwalze **126** koppelbar, dass sich die Messerkanten **132** mit der gleichen Umfangsgeschwindigkeit wie die Oberfläche der Gegenwalze **126** bewegen.

[0110] Die in [Fig. 8](#) und in größeren Einzelheiten in [Fig. 9](#) dargestellte Schneidvorrichtung weist demnach ein Kupplungsschneidwerk **134** auf, bei dem zwei Paare von Förderwalzen **128** und eine gummierte Gegenwalze **126** mittels eines nicht näher dargestellten Motors über ein zentrales formschlüssiges Getriebe, beispielsweise über einen Zahnriemen (nicht dargestellt) angetrieben werde. Die Förderwalzen **128** ziehen ein Endlosfaserband – hier insbesondere das aufgespreizte Faserband **14** – ein und leiten es über die in gleicher Geschwindigkeit drehende Gegenwalze **126**.

[0111] Über der Gegenwalze **126** steht ein Messerbalken **136** in Warteposition. Soll ein Schnitt ausge-

führt werden, kuppelt eine elektromagnetische Kupplung den Messerbalken **136** in die Schneidwerksbewegung ein. Im Berührungspunkt haben der Messerbalken **136** und die Gegenwalze **126** die gleiche Drehgeschwindigkeit. Das zu schneidende Material wird durch eine Messerklinge **138** gebrochen. Danach wird der Messerbalken **136** ausgekuppelt und mit einer Bremseinrichtung, beispielsweise mit einer elektromagnetischen Bremse – nicht dargestellt –, angehalten. Das zweite Paar Förderwalzen **128** transportiert die Zuschnitte ab.

[0112] Das Kupplungsschneidwerk **134** ermöglicht den verzugsfreien Zuschnitt gespreizter Faserbänder. Der Schnitttakt, bzw. die Schnittlänge kann dabei computergesteuert im laufenden Betrieb verändert werden.

[0113] Die Bremsvorrichtung (nicht explizit dargestellt) sorgt dafür, dass die Messerwalze **130** immer arretiert ist, wenn die Kupplung nicht eingeschaltet ist. Der Kupplungs- und Bremsvorgang läuft über ein gemeinsames Wechslerrelais (nicht dargestellt), daher sind die Störungen durch Programmfehler ausgeschlossen. Eine nicht weiter dargestellte Sensoreinrichtung, beispielsweise ein induktiver Näherungsschalter, registriert die Position der Messer und sorgt für eine Bremsung der Messer in waagerechter Position. Wird von der angeschlossenen Steuerung, beispielsweise der Steuerungsvorrichtung **44**, ein Schnittbefehl ausgelöst, kuppelt die Messerwalze **130** ein, beschleunigt und führt einen Schnitt aus. Wenn, wie bei dem Ausführungsbeispiel vorgesehen, die Messerwalze **130** in diesem Moment die gleiche Umfangsgeschwindigkeit hat wie die Gegenwalze **126**, wird die Messerklinge **138** nicht verbogen, und es ergibt sich eine wesentlich längere Messerstandzeit, vergleichbar einem einfachen Stoßmesser. Nach dem Schnittvorgang wird die Messerwalze **130** ausgekuppelt und an der gleichen Position wie zu Beginn abgebremst und gehalten. Die Schnittlänge wird in einer Steuerungssoftware programmiert.

[0114] [Fig. 10](#) zeigt den schematischen Ablauf der Schneidwerksteuerung. Wie aus [Fig. 10](#) ersichtlich, wird abhängig von der Vorschubgeschwindigkeit des Schneidwerks der Schnitttakt vorgegeben. Die minimale Schnittlänge ergibt sich aufgrund der Dimensionen von Messerwalze **130** und Gegenwalze **126** und liegt beispielsweise in der Größenordnung der Breite des aufgespreizten Faserbandes **14**. Die maximale Schnittlänge ist theoretisch unbegrenzt.

[0115] Bei beiden hier vorgestellten Ausführungsformen der Schneid- und Legegruppe **16** werden die Patches **40, 40', 40''** nach der Schneidvorrichtung **24** an die Transporteinrichtung **26** weitergegeben, die die Patches **40, 40', 40''** mit einer größeren Transportgeschwindigkeit als die Fördergeschwindigkeit des Faserbandes **14** zu der oder in der Schneidvor-

richtung **24** von der Schneidvorrichtung **24** weg transportiert. Hierdurch werden die Patches **40**, **40'**, **40''** vereinzelt und mit genügend großem Abstand zueinander versehen. Die Transporteinrichtung **26** ist mit einer Halteeinrichtung, die die Patches **40**, **40'**, **40''** an der Transporteinrichtung festhält, und mit einer Übergabeeinrichtung versehen, die die Patches **40**, **40'**, **40''** an den Legekopf **52** der Legevorrichtung **28** übergibt.

[0116] Die Festhalteeinrichtung und die Übergabeeinrichtung sind hier in Form des Vakuumfließbandes **50** realisiert. Eine großvolumige Saugkammer **140** verteilt die Saugleistung einer nicht näher dargestellten Unterdruckquelle, beispielsweise eines Sauggebläses, über die gesamte Transporteinrichtung **26**. Ein mit vielen durchgängigen Poren versehenes Band, beispielsweise ein Polypropylenband, wird über ein die Saugkammer **140** bedeckendes Lochblech **142** geführt.

[0117] Die Transporteinrichtung **26** wird durch eine Ankopplung an eine Fördereinheit der Schneidvorrichtung **24** angetrieben. In dem hier dargestellten Beispiel ist das Vakuumfließband **50** an das formschlüssige Getriebe, welches die Förderwalzen **128** und die Gegenwalze **126** antreibt, gekoppelt. Dabei sorgt ein entsprechendes Übersetzungsverhältnis, beispielsweise ein Übersetzungsverhältnis von 1 zu 2, für einen genügend großen Abstand zwischen den Patches **40**, **40'**, **40''**. Am Ende der Transportstrecke liegt eine Saug-Abblaskammer **144**, die mit einem pneumatischen Vakuummodul betrieben wird. Solange ein Faserstück – Patch **40** – über die Saug-Abblaskammer **144** geführt wird, befindet sich diese im Saugbetrieb. Wenn der Legestempel an einer vorgegebenen Übergabeposition **146** steht, wird im richtigen Moment ein Abblasimpuls ausgelöst, der den Patch **40** auf den Legekopf **52** befördert.

[0118] Der Legekopf **52** saugt den Patch **40** an, heizt ihn auf und transportiert ihn mit vorbestimmter Orientierung an seine vorbestimmte Position.

[0119] Dabei werden, wie dies in [Fig. 11](#) dargestellt ist, die Patches **40**, **40'**, **40''** entlang vorbestimmter gekrümmter Bahnen **148** auf der Vorform **30** abgelegt. Bei **150** sind entlang dieser gekrümmter Bahnen **148** mit entsprechender Orientierung verlegte Patches und deren Überlappung angedeutet. In den Überlappungsbereichen werden die Patches **40** durch das durch den Legekopf **52** erwärmte Bindermaterial **38** aneinander fixiert.

[0120] Mit der in [Fig. 1](#) dargestellten Schneidvorrichtung unter Verwendung des Lasers **54** (oder eines sonstigen Strahlschneidverfahrens) lassen sich aber auch kompliziertere Schneidkantenformen erzeugen. In [Fig. 12](#) ist eine besonders vorteilhafte Schneidkantenform mit komplementär zueinander

konvex bzw. konkav gekrümmten Schneidkanten **152**, **154** dargestellt. Die entgegengesetzt gerichteten Schneidkanten **152**, **154** an jedem Patch **40** sind kreisbogenförmig gekrümmt. Dadurch lassen sich die Schneidkanten **152**, **154** hintereinanderliegender Patches **40**, **40'**, **40''** auch bei Abwinkelung der Patches **40**, **40'**, **40''** zueinander ganz eng nebeneinanderlegen, ohne dass Lücken oder Aufdickungen entstehen. Auf diese Weise können mit einer gleichbleibenden dichten Anlage von Faserstücken auch engere Krümmungsradien der Bahnen **148** mit entsprechenden Faserorientierungen belegt werden. Die Fixierung der Patches **40**, **40'**, **40''** kann durch Überlappung mit benachbarten oder darüber liegenden oder darunter liegenden Patches (nicht dargestellt) erfolgen.

[0121] Auf diese Art und Weise lassen sich auch sehr komplizierte Preforms **42** darstellen, wie sie beispielsweise in [Fig. 13](#) angedeutet sind. Hier ist nach Art eines Patchworks mit den kurzen Faserstücken eine Preform **192** für eine kraftflussgerechte Faserverbundstruktur für einen Fenstertrichter, beispielsweise für einen Rumpf eines Luft- oder Raumfahrtgerätes, ausgebildet. Die Patches **40**, **40'**, **40''** sind entsprechend der Kraftflusslinien orientiert.

[0122] Die dargestellte Ringform lässt sich prozesstechnisch beispielsweise durch eine definiert drehbare Vorform **30** erreichen, wie dies durch die Pfeile **156** in [Fig. 1](#) dargestellt ist.

[0123] Anhand der [Fig. 14–Fig. 16](#) wird nun noch die Legevorrichtung **28** und deren Legekopf **52** der in [Fig. 8](#) näher dargestellten Ausführungsform der Schneid- und Legegruppe **16** weiter erläutert.

[0124] Der Legekopf **52** soll die Funktion erfüllen, ein Faserstück oder Patch **40**, **40'**, **40''** aufzunehmen und zu der jeweils nächsten vorbestimmten Position **46** an der Vorform **30**, wo ein Patch **40**, **40'**, **40''** verlegt werden soll, zu transportieren. Für diesen Zweck hat der Legekopf **52** eine Festhalteeinrichtung. Wenngleich auch andere Festhalteeinrichtungen denkbar sind, so ist in dem hier dargestellten Beispiel zwecks einfacher Aufnahme des Patches von der Transporteinrichtung **26** die Festhalteeinrichtung als Saugeinrichtung **158** ausgebildet.

[0125] Weiter ist es vorteilhaft, wenn das Bindermaterial **38**, mit dem der aufgenommene Patch **40** versehen ist, während des Transports mit dem Legekopf **52** aktiviert wird. Hierfür weist der Legekopf **52** eine Aktivierungsvorrichtung zum Aktivieren des Bindermaterials **38** auf. Die Aktivierungsvorrichtung ist je nach verwendetem Bindermaterial ausgebildet. Wird z. B. ein durch ein Additiv aktivierbares Bindermaterial verwendet, dann weist der Legekopf eine Einrichtung zur Zugabe dieses Additivs auf. In einer anderen, hier nicht näher dargestellten Ausgestaltung wird

gleich aktives Bindermaterial, wie beispielsweise ein Klebstoff, erst während des Transport des Patches am Legekopf zugeführt. Bei einer solchen Ausgestaltung weist der Legekopf eine Einrichtung zur Zugabe des Bindermaterials auf. Zur Verwendung in der zuvor erläuterten Preform-Herstellvorrichtung **10**, die thermisch aktivierbares Bindermaterial **38** verwendet, ist die Aktivierungseinrichtung bei der dargestellten Ausführungsform als Heizeinrichtung **160** ausgebildet.

**[0126]** Weiter ist es vorteilhaft, wenn der Legekopf **152** das Patch **40**, **40'**, **40''** sicher auch an kompliziertere dreidimensionale Flächengestaltungen der Vorform **30** anbringen kann. Hierzu ist der Legekopf **52** mit einer Presseinrichtung **162** versehen, die zum Anpressen des transportierten Patches **40** an unterschiedliche Flächengestaltungen geeignet ist. Die Presseinrichtung **162** weist in bevorzugter Ausgestaltung eine flexible Oberfläche **164**, an der das Patch **40** mittels der Festhalteeinrichtung festgehalten werden kann, auf. Die flexible Oberfläche **164** ist weiter bevorzugt an einem elastischen Trägerelement **166** ausgebildet.

**[0127]** [Fig. 14](#) zeigt einen Querschnitt durch einen Legestempel **168** des Legekopfs **52**, welcher die Festhalteeinrichtung, die Aktivierungseinrichtung und die Presseinrichtung vereinigt. Der in [Fig. 14](#) dargestellte Legestempel **168** weist somit die Saugeinrichtung **158**, die Heizeinrichtung **160** sowie die Presseinrichtung **162** mit der flexiblen Oberfläche **164** an dem elastischen Trägerelement **166** auf.

**[0128]** [Fig. 15](#) zeigt eine Unteransicht auf die flexible Oberfläche **164**.

**[0129]** Mit dem Legestempel **168** können bei der Fiber-Patch-Preforming Technologie (FPP) bebinderte und in definierte Geometrien geschnittene Faserstücke (Patches) entsprechend eines Legeplans (beispielsweise des in [Fig. 11](#) wiedergegebenen Legeplans) positionsgenau abgelegt werden. Der Legestempel **168** ist eine zentrale Komponente der Ablegetechnik und kann auch in anderen geometrischen Variationen verwendet werden. Es sind z. B. quaderförmige oder rollenförmige Legestempel denkbar.

**[0130]** Bei dem konkreten Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 14](#) ist der Legestempel **168** als Silikonstempel ausgebildet. Die Oberflächenanpassung des Silikonstempels ähnelt der Tampon-Drucktechnik. Jedoch erfolgt hier die entsprechende Anwendung auf einem technologisch völlig verschiedenem Gebiet.

**[0131]** Der Legestempel **168** ist in der Lage, Faserzuschnitte über eine integrierte Ansaugung – Saugeinrichtung **158** – schnell und schonend aufzunehmen und an einen definierten Ablageort zu transportieren. Während des Transports heizt eine in die Kontaktflä-

che – flexible Oberfläche **164** – integrierte Heizung – Heizeinrichtung **160** – das Material auf und aktiviert dadurch ein Bindemittel – Bindermaterial **38** – auf dem Faserzuschnitt. Der Faserzuschnitt wird auf die Oberfläche gepresst, wobei sich das weiche Stempelmaterial der Oberflächengeometrie anpasst. Wenn sich der Legestempel **168** von der Oberfläche entfernt, wird ein Abblasimpuls ausgelöst, das Bindermaterial **38** gekühlt, und das Fasermaterial verbleibt am Ablageort.

**[0132]** Der Legestempel **168** ermöglicht die Herstellung von Fiber-Patch-Preformen **42**.

**[0133]** In der [Fig. 14](#) ist das elastische Trägerelement **166** – elastischer Druckkörper – mit einer Luftverteilung **170** dargestellt, die Teil der Saugeinrichtung **158** ist. Der nicht dargestellte Teil der Saugeinrichtung **158** ist mit üblichen Pneumatikquellen und pneumatischen Steuerungen (nicht dargestellt) versehen. Weiter ist die flexible Oberfläche **164** als elastische Heizfläche **172** mit Ansaug- und Abblaskanälen **174** dargestellt.

**[0134]** Das elastische Trägerelement **166** sitzt auf einer Kupplungsplatte **4**, die mit lösbaren Befestigungselementen (nicht dargestellt) zur Befestigung des Legestempels **168** an einer Positioniereinrichtung **176** (siehe [Fig. 16](#)) versehen ist.

**[0135]** Weiter ist ein Thermoelement **178** als Steuerungsteil der Heizeinrichtung **160** vorgesehen. Eine hochflexible Stromleitung **180** verbindet das Thermoelement **178** mit der elastischen Heizfläche **172**.

**[0136]** In [Fig. 15](#) ist die Saugfläche – flexible Oberfläche **164** – mit den Ansaug- und Abblaskanälen **174** dargestellt.

**[0137]** Im Folgenden wird die Anwendung des Legestempels **168** sowie weitere Details der Legevorrichtung **28** anhand deren Verwendung in der Preform-Herstellvorrichtung **10** näher erläutert.

**[0138]** Bei der hier vorgestellten Fiber-Patch-Preforming-Technologie werden einzelne Faserpatches **40** zu einer dreidimensionalen Preform **42**, **192** angeordnet. Hierzu setzt eine geeignete Legetechnik den Aufbauplan in die Realität um. Die Legevorrichtung **28** übernimmt die bebinderten und geschnittenen Faserpatches **40** vom Vakuumfließband **50**, das der Schneidvorrichtung **24** zugeordnet ist, und platziert die Faserpatches **40** in möglichst schnellem Takt auf eine Oberfläche. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel werden die Faserpatches **40**, **40'**, **40''** auf eine Oberfläche der Vorform **30** abgelegt.

**[0139]** Dabei sollen die Patches **40**, **40'**, **40''** zur Bildung einer stabilen Preform **42** auf die formgebende Oberfläche gepresst werden. Der Legestempel **168**

soll dabei möglichst weich sein, um sich mit gleichmäßiger Kraft einer dreidimensionalen Oberfläche anpassen zu können. Weiter ist für die hier dargestellte Ausgestaltung vorteilhaft, dass kurz vor dem Ablegen eine bestimmte Wärmemenge zur Aktivierung des Bindermaterials **38** zur Verfügung gestellt werden kann. Hierfür ist die flexible Oberfläche **164** mit der Heizeinrichtung **160** ausgestattet, die die mechanischen Eigenschaften des Stempelmaterials möglichst wenig beeinflusst. Ähnlich wie bei dem Vakuumfließband **50** ist auch beim Legestempel **168** eine flächige Fixierung der filigranen Faserpatches **40** vorteilhaft. Hierfür hat die flexible Oberfläche **164** auch eine Ansaugfunktion.

**[0140]** Die Herstellung des Legestempels **168** lehnt sich an die Herstellung von Tampon-Druckstempel aus der Drucktechnik an. Für die Herstellung von Tampon-Druckstempel existieren eine Reihe von Spezialsilikon, die den andauernden mechanischen Wechselbelastungen lange Zeit widerstehen können. Aus diesen Silikon wird ein Silikonkautschuk ausgewählt, der den zusätzlichen Anforderungen, aufgrund der Heizeinrichtung **160** sowie des Kontakts mit Bindermaterial **38** möglichst gut entspricht. Da in den Legestempel **168** eine Heizung integriert wird, wurden Versuche zur Temperaturstabilität des Stempelmaterials gemacht. Es ist dabei vorteilhaft, wenn der Legestempel **168** Dauertemperaturen bis zu 200°C ertragen kann. Ein Weichmacher für den Silikonwerkstoff wird entsprechend diesen Anforderungen ausgewählt.

**[0141]** Um die Ablegefläche des Legestempels **168** beheizen zu können, sind verschiedene Heizeinrichtungen **160** einsetzbar. Es kommen z. B. elektrische Heizungen, Flüssigkeitskreisläufe oder Heißluft in Frage. Fertigungstechnisch am einfachsten ist die Variante einer elektrischen Heizeinrichtung **160** umzusetzen. Dies bietet gleichzeitig die Möglichkeit sehr hoher Heizleistungen mit exakter Temperatureinstellung.

**[0142]** Um die Flexibilität des elastischen Trägerelements **166** nicht zu beeinflussen, sind die Stromleitungen **180** vorteilhafterweise mittels eines Kohlenstoffasergarns gebildet. Die hohe Flexibilität eines solchen Garns führt nicht zu einer Versteifung der flexiblen Oberfläche **164**. Weiter hält eine solche Faser auch mehrere 100.000 Lastzyklen aus.

**[0143]** Die Wärmeleitfähigkeit des elastischen Trägerelements **166** lässt sich durch Beimischung von Wärmeleitmitteln in das Silikon steigern.

**[0144]** Beispielsweise besitzt die flexible Oberfläche bei einem Wärmeleitmittel-Anteil von ca. 10–30 Gewichtsprozent eine ausreichende Wärmeleitfähigkeit, so dass ein Hezelement der Heizeinrichtung **160** und die flexible Oberfläche **164** auf annähernd gleicher

Temperatur gehalten werden können.

**[0145]** In die flexible Oberfläche **164** des Legestempels **168** wurden die Ansaug- und Abblaskanäle **174** integriert, die im Inneren des Legestempels **168** über eine Kammer **182** zusammenführen. In der Kammer **168** ist ein Saugvlies (nicht dargestellt) eingelegt, welches ein Kollabieren beim Aufdrücken des Legestempels **168** verhindert.

**[0146]** Zur Vermeidung von elektrostatischen Aufladungen ist es vorteilhaft, wenn die flexible Oberfläche **164** aus einem flexiblen Material mit antistatischen Eigenschaften gebildet ist.

**[0147]** Im Folgenden wird noch anhand der [Fig. 16](#) die Ablegemechanik der Legevorrichtung **28** näher erläutert.

**[0148]** Die in [Fig. 16](#) wiedergegebene Legemechanik **184** dient zur Bewegung des Legestempels **168**, um Faserpatches **40** von der Schneidvorrichtung **24** zur vordefinierten Position **46** zu transportieren. Die Legemechanik **184** erlaubt einen schnellen Legetakt und einen einstellbaren Ablegewinkel.

**[0149]** Wie zuvor erläutert, wird der Patch **40** berührungslos vom Vakuumfließband **50** auf den Legestempel **168** übergeben. Dazu löst die Steuerungsvorrichtung **44** nach einer eingestellten Verzögerungszeit in Abhängigkeit eines Schnittbefehls einen Abblasimpuls der Saug/Abblaskammer **144** des Vakuumfließbandes **50** aus. Der Patch **40** wird über einen wenige Millimeter (ca. 0,5–10 mm) betragenden Luftweg auf den saugenden Legestempel **168** übertragen. Danach beginnt der Bewegungsablauf der Legemechanik **184**.

**[0150]** Die Legemechanik **184** weist einen ersten translatorischen Antrieb zum Transport des Legestempels **168** von der Aufnahme-Position zu einer Position oberhalb der vorgegebenen Position auf. Dieser erste Antrieb ist bei der dargestellten Ausführungsform der Legemechanik **184** als waagerechter Pneumatikzylinder **186** ausgeführt. Dieser waagerechte Pneumatikzylinder **186** kann den Legestempel **168** von seiner Aufnahme-Position über die Ablegestelle verschieben. Ein zweiter Antrieb, hier in Form eines senkrechten Pneumatikzylinders **188**, presst den Legestempel **168**, vorzugsweise mit einstellbarem Druck, auf die Oberfläche.

**[0151]** Während des Verschiebevorganges wird die Stempelfläche permanent auf einer einstellbaren Temperatur gehalten, damit der Binder seine Klebrigkeit aktivieren kann. Sobald der Patch **40** die Oberfläche berührt, kühlt das Bindermaterial **38** ab und wird fest. Gesteuert von der Steuerungsvorrichtung **44** wird dann ein Abblasimpuls in der Saugvorrichtung **158** des Legestempels **168** ausgelöst; der Legestem-



130	Messerwalze
132	Messerkanten
134	Kupplungsschneidwerk
136	Messerbalken
138	Messerklinge
140	Saugkammer
142	Lochblech
144	Saug/Abblaskammer
146	Übergabeposition
148	gekrümmte Bahnen
150	überlappende Patches
152	Schneidkante
154	Schneidkante
156	Bewegbarkeit der Vorform – mehrdimensional –
158	Saugeinrichtung
160	Heizeinrichtung
162	Presseinrichtung
164	flexible Oberfläche
166	elastisches Trägerelement
168	Legestempel
170	Luftverteilung
172	elastische Heizfläche
174	Ansaug- und Abblaskanäle
175	Kupplungsplatte
176	Positioniereinrichtung
178	Thermoelement
180	Stromleitung
182	Kammer
184	Legemechanik
186	waagerechter Pneumatikzylinder (erster Antrieb)
188	senkrechter Pneumatikzylinder (zweiter Antrieb)
190	Schrittmotor (dritter Antrieb)
191	Keilwellensystem
192	Fenstertrichterpreform

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Preform (42) für eine kraftflussgerechte Faserverbundstruktur, mit der folgenden Reihenfolge von Schritten:  
a1) Bereitstellen eines flachen Faserbands (14),  
c). Abschneiden eines Faserbandstückes (40, 40', 40'') von dem flachen Faserband (14),  
e) Aufnehmen des Faserbandstückes (40, 40', 40'') an einer vorgegebenen Aufnahmeposition mittels einer Legevorrichtung (28),  
f) Platzieren des Faserbandstückes (40, 40', 40'') an einer vordefinierten Position,  
g) Fixieren des Faserbandstückes (40, 40', 40'') mittels eines Bindermaterials (38),  
wobei die Schritte c) bis f) zum Platzieren und Fixieren weiterer Faserbandstücke (40, 40', 40'') an anderen vordefinierten Positionen wiederholt werden und wobei die Schritte e) und f) mittels eines Legekopfes (52) der Legevorrichtung (28) durchgeführt werden, der automatisch von der wenigstens einen Aufnahmeposition zu einer ersten vordefinierten Position

zum Platzieren eines ersten Faserbandstückes (40) und zurück zu der oder einer von mehreren vorgegebenen Aufnahmepositionen zwecks Aufnahme eines zweitens Faserbandstückes (40') und dann zu einer zweiten vordefinierten Position zwecks Platzieren des zweiten Faserbandstückes (40') fährt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Schritt a1) den Schritt:

a) Aufspreizen eines Faserfilamentbündels (32) aus Faserfilamenten (100) zu einem flachen Faserband (14) enthält.

3. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch den irgendwann zwischen Schritt a) und Schritt f) durchzuführenden Schritt:  
b) Anbringen des Bindermaterials (38) an Faserfilamente (100).

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass Schritt b) vor Schritt c) durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein durch Wärme aktivierbares Bindermaterial (38) verwendet wird, und dass zum Durchführen des Schrittes g) das abgeschnittene Faserbandstück (40, 40', 40'') erwärmt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Legekopf (50) während seiner Bewegung zwischen Aufnahmeposition und vordefinierter Position beheizt wird, um das Bindermaterial (38) zu aktivieren.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt f) das Faserbandstück (40, 40', 40'') an einen Teilbereich einer Formfläche (30) für die Preform (42) gepresst wird, um dem Faserbandstück (40, 40', 40'') eine gewünschte dreidimensionale Flächengestaltung zu geben.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Anpressen an die Formfläche (30) mittels einer elastisch verformbaren Aufnahmefläche (164) des Legekopfes (52) durchgeführt wird, an der das Faserbandstück (40) während des Legevorganges und Andrückvorganges flach anliegend festgehalten wird.

9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt c) zum Bilden des Faserbandstückes (40, 40', 40'') ein Stück definierter Länge, vorzugsweise von weniger als ca. 20 cm, insbesondere weniger als ca. 10 cm, abgeschnitten wird.

10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Faserbandstück (40) während des Legevorganges pneumatisch an dem Legekopf (52) festgehalten wird.

11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt f) das platzierte Faserbandstück (40, 40', 40'') mittels eines pneumatischen Impulses von dem Legekopf (52) gelöst wird.

12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch den zwischen Schritt c) und Schritt e) durchzuführenden Schritt:  
d) Transportieren des Faserbandstückes (40, 40', 40'') von einer zur Durchführung des Schritts c) verwendeten Schneidvorrichtung zu der Aufnahme- position der Legevorrichtung.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Transportgeschwindigkeit in Schritt d) größer als eine Fördergeschwindigkeit des flachen Faserbandes (14) ist, um nachfolgend abgeschnittene Faserbandstücke (40, 40', 40'') voneinander zu trennen.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Faserbandstück (40, 40', 40'') zum Transportieren pneumatisch an einem Transportband (50) festgehalten wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Faserbandstück (40, 40', 40'') mittels eines pneumatischen Impulses von dem Transportband (50) zu dem Legekopf (52) übergeben wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt a) die Filamente (100) eines Rovings (32), insbesondere eines Kohlenstoff-Rovings, aufgespreizt werden.

17. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Faserbandstücke (40, 40', 40'') mit ihrer Faserrichtung entlang vordefinierter gekrümmter Bahnen (148) orientiert platziert werden.

18. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an unterschiedlichen Teilbereichen der Preform (42) eine unterschiedliche Anzahl von Faserbandstücken (40, 40', 40'') platziert wird, um unterschiedliche Fasergehalte an den Teilbereichen der Preform (42) zu erhalten.

19. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt

c) das Faserbandstück (40, 40', 40'') jeweils entlang einer bogenförmigen Schnittlinie abgeschnitten wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt f) Faserbandstücke (40, 40', 40'') mit zueinander komplementären kreisbogenförmigen Schneidkanten (152, 154) überlagerungsfrei hintereinander platziert werden.

21. Verwendung eines Verfahrens nach einem der voranstehenden Ansprüche zum Herstellen einer kraftflussgerechten Faserverbundstruktur, die mit der mittels des Verfahrens hergestellten Preform (42) aufgebaut wird.

22. Vorrichtung (10) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der voranstehenden Ansprüche, mit:  
einer Schneidvorrichtung (24) zum Schneiden eines flachen Faserbandes (14) in mehrere Faserbandstücke (40, 40', 40''),  
einer relativ zur Schneidvorrichtung beweglichen Legevorrichtung zur Aufnahme einzelner Faserbandstücke (40, 40', 40'') und Platzierung derselben an vordefinierten Positionen mit vorgegebener Orientierung,  
und einer Steuervorrichtung (44), die zur derartigen Steuerung der Legevorrichtung (28) ausgebildet ist, dass die Faserbandstücke (40, 40', 40'') entlang vorgegebener Bahnen (148) orientiert ablegbar sind, wobei die Legevorrichtung (28) einen Legekopf (52) aufweist, der gesteuert durch die Steuervorrichtung (44, 44b) von wenigstens einer vorgegebenen Aufnahme- position (146) zu unterschiedlichen vordefinierten Positionen und zurück bewegbar ist, um die von der Schneidvorrichtung (24) geschnittenen Faserbandstücke (40, 40', 40'') an der wenigstens einen Aufnahme- position aufzunehmen und an den vordefinierten Positionen abzulegen.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, gekennzeichnet durch eine Spreizvorrichtung (20) zum Aufspreizen wenigstens eines Rovings (32) zu einem flachen Faserband (14).

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Spreizvorrichtung (20) mit wenigstens einer konvex gebogenen Spreizkante (80) versehen ist, die mit wenigstens einer Richtungskomponente senkrecht zur Längserstreckung eines aufzuspreizenden Faserfilamentbündels (32) relativ zu diesem bewegbar ist, so dass das Faserfilamentbündel (32) auf die konvex gebogene Spreizkante (80) unter Spannung auflegbar ist, und anschließend wieder mit wenigstens einer Richtungskomponente senkrecht von dem Faserfilamentbündel (32) weg bewegbar ist, um dieses von der Spreizkante (80) zu lösen.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch ge-

kennzeichnet, dass die wenigstens eine Spreizkante (80) an einem an einer Drehwelle (84) drehbaren radialen Vorsprung (82) ausgebildet ist.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass sie wenigstens zwei Kantenbereiche hat, von denen wenigstens einer als konvex gebogene Spreizkante (80) ausgebildet ist und die von entgegengesetzten Richtungen auf das Faserfilamentbündel (32) zu bewegbar sind.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Drehwellen (84, 86) mit radialen Vorsprüngen (82) vorgesehen sind, wobei sich die Drehwellen (84, 86) gegenläufig zueinander drehen.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass an den gegenläufig, insbesondere mittels eines Zahnradgetriebes (92), angetriebenen Drehwellen (84, 86) mehrere, die radialen Vorsprünge (82, 88) bildende Flügel (94) ausgestaltet sind, die sich im wesentlichen in axialer Richtung erstrecken und an deren radial äußersten Bereich die Kantenbereiche (80, 90) ausgebildet sind.

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere zur Spreizung dienende Kantenbereiche als konvex radial nach außen gebogene Spreizkanten (80) ausgestaltet sind, wobei nacheinander auf das Faserfilamentbündel (32) aufzusetzende Kantenbereiche an sich gegenläufig bewegenden Bewegungsorganen so angeordnet sind, dass die Fasern jeweils zwischen zwei gegenläufig gebogenen Spreizkanten (80) aufspreizbar sind.

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Spreizvorrichtung (20) eine in Förderrichtung des Faserfilamentbündels (32) hinter einer die wenigstens eine Spreizkante (80) aufweisenden Spreizeinrichtung (34) vorgesehene Lockerungseinrichtung (36) zum Auflockern der aufgespreizten Faserfilamentbündel (32) aufweist.

31. Vorrichtung nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Lockerungseinrichtung (36) eine Saugkammer (96) aufweist.

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 31, gekennzeichnet durch eine Bindermaterialauftragsvorrichtung (22), mit der Bindermaterial (38) zum Fixieren der Faserbandstücke (40, 40', 40'') auf Filamente (100) auftragbar ist.

33. Vorrichtung nach Anspruch 32 und einem der Ansprüche 23 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Bindermaterialauftragsvorrichtung (22) der Spreizvorrichtung (20) zugeordnet ist, um Binderma-

terial (38) auf Filamente (100) des aufgespreizten Faserbandes (14) aufzutragen.

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 32 oder 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Bindermaterialauftragsvorrichtung (22) zum Aufbringen pulverförmigen Bindermaterials (38) ausgebildet ist.

35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 34, gekennzeichnet durch eine Transporteinrichtung (26), mittels der die abgeschnittenen Faserbandstücke (40, 40', 40'') vereinzelbar und zu der Legevorrichtung (28) transportierbar sind.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Transporteinrichtung (26) ein Vakuumfließband (50) aufweist, auf dem die Faserbandstücke (40, 40', 40'') unter Anwendung eines Saugdruckes festgehalten transportierbar sind.

37. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 35 oder 36, gekennzeichnet durch eine Kombination von Ansaug- und Abblasmodulen (140, 142, 144, 174), die zum Durchführen einer fließenden Übergabe der Faserbandstücke von der Transporteinrichtung (26) zu der Legevorrichtung (28) ausgebildet ist.

38. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 37, gekennzeichnet durch wenigstens eine Heizeinrichtung (160) zum Aktivieren des auf Filamenten (100) aufgetragenen Bindermaterials (38).

39. Vorrichtung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtung (160) oder wenigstens eine von mehreren Heizeinrichtungen an dem Legekopf (52) angeordnet ist, um aufgenommene Faserbandstücke aufzuheizen.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

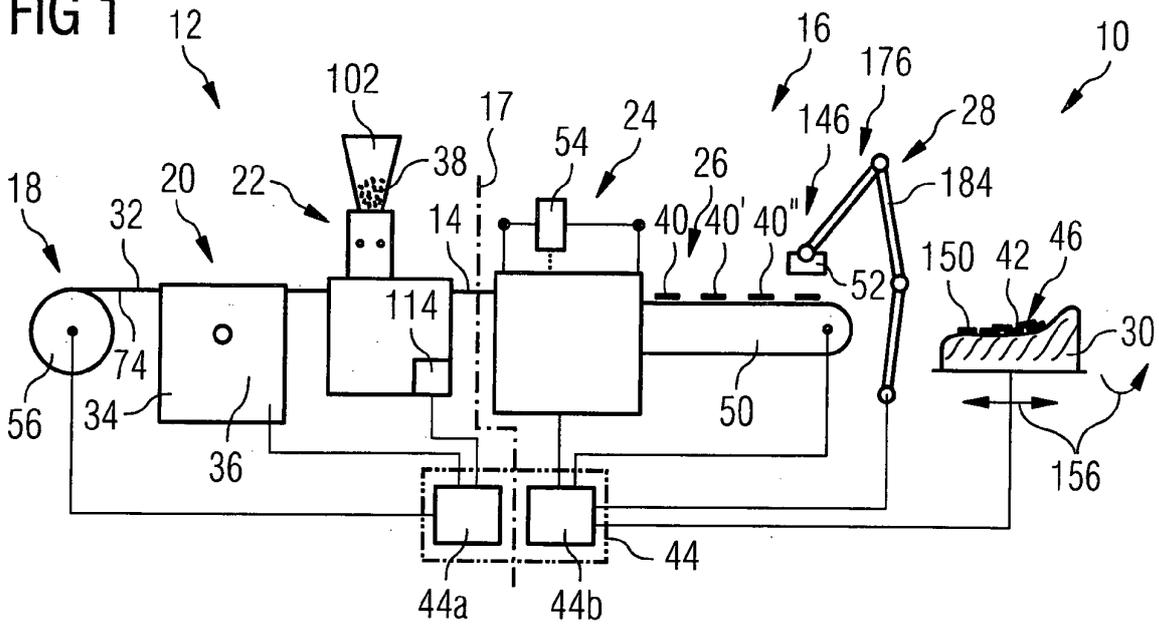


FIG 1a

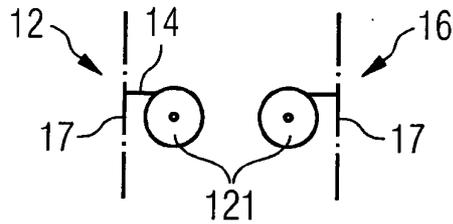


FIG 2

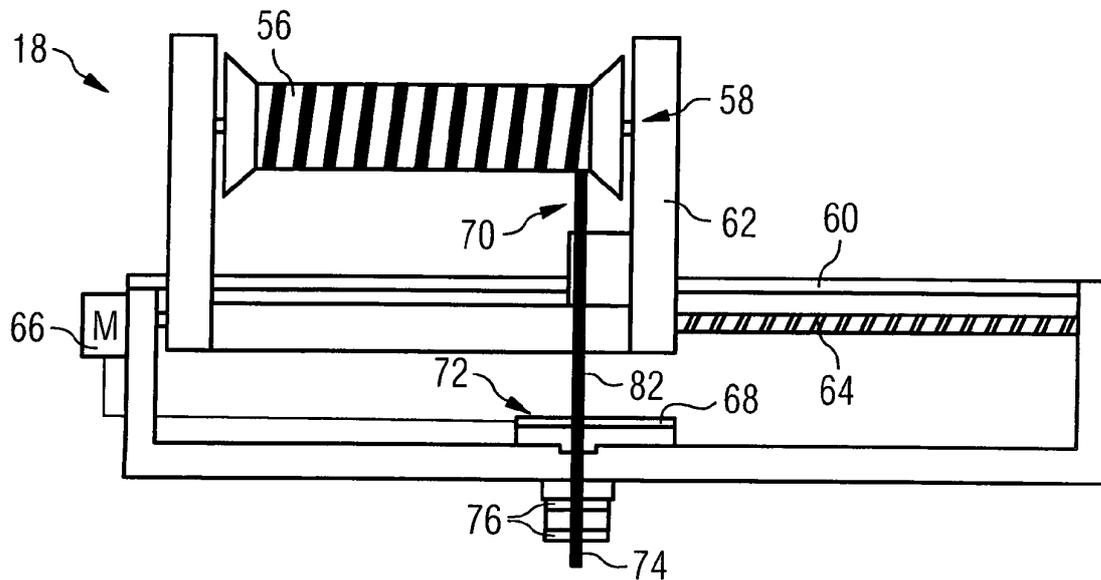


FIG 3

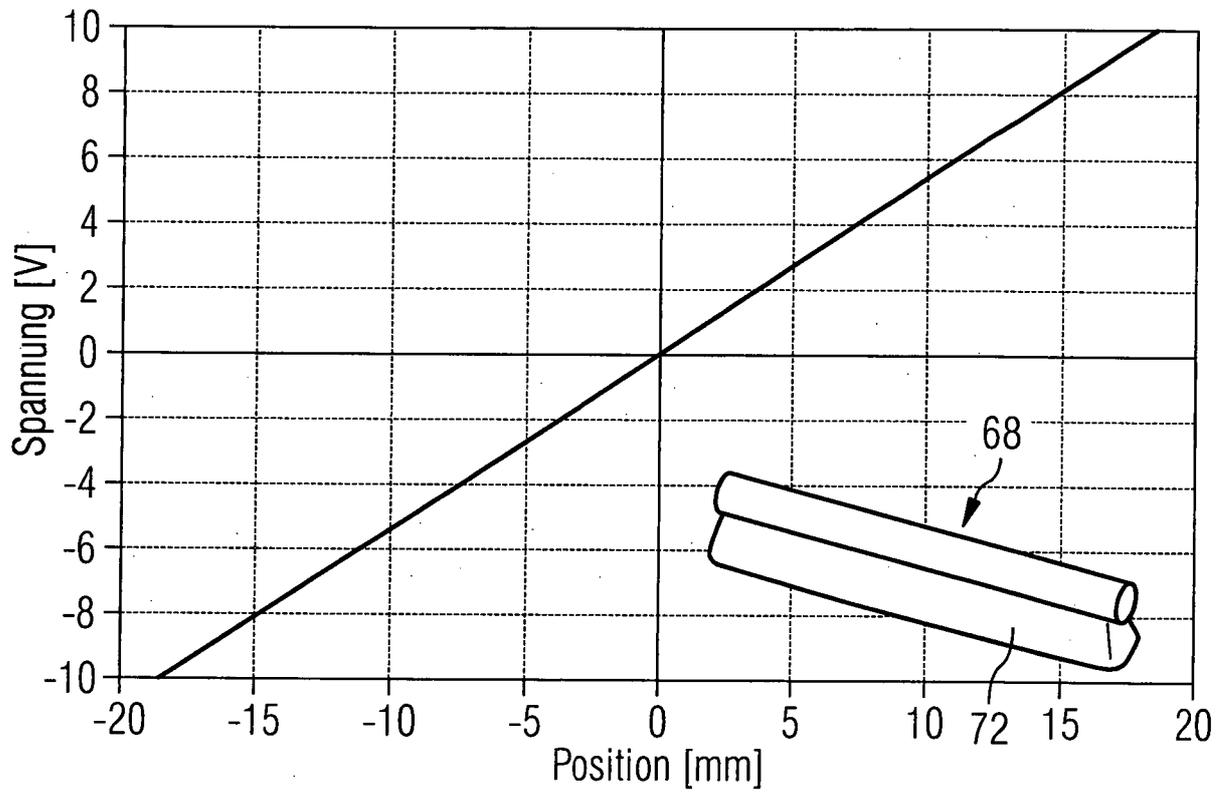


FIG 4

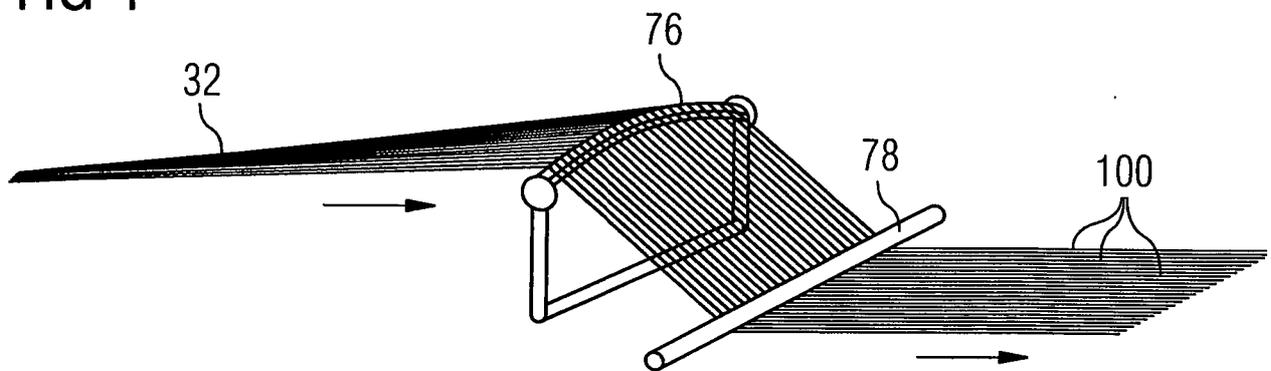


FIG 5

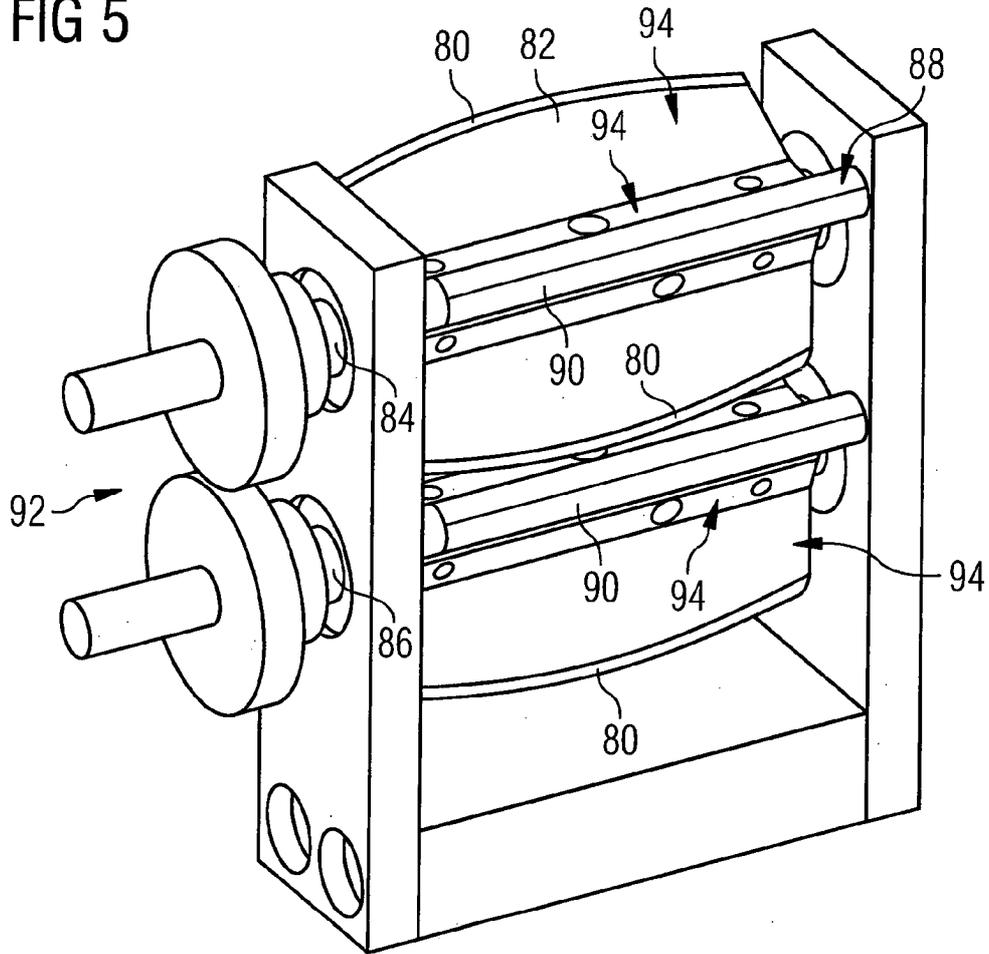


FIG 6a

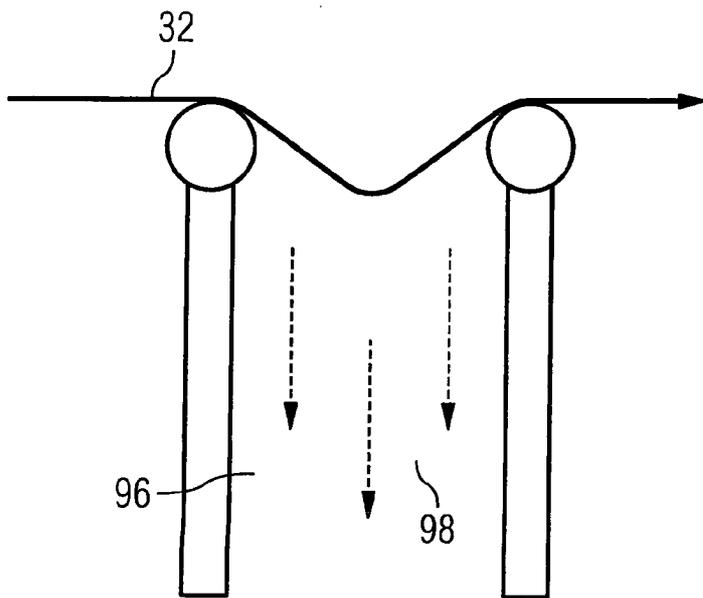


FIG 6b

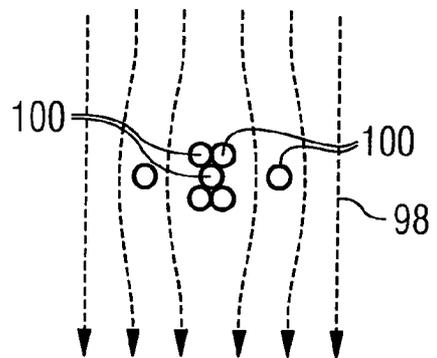


FIG 7

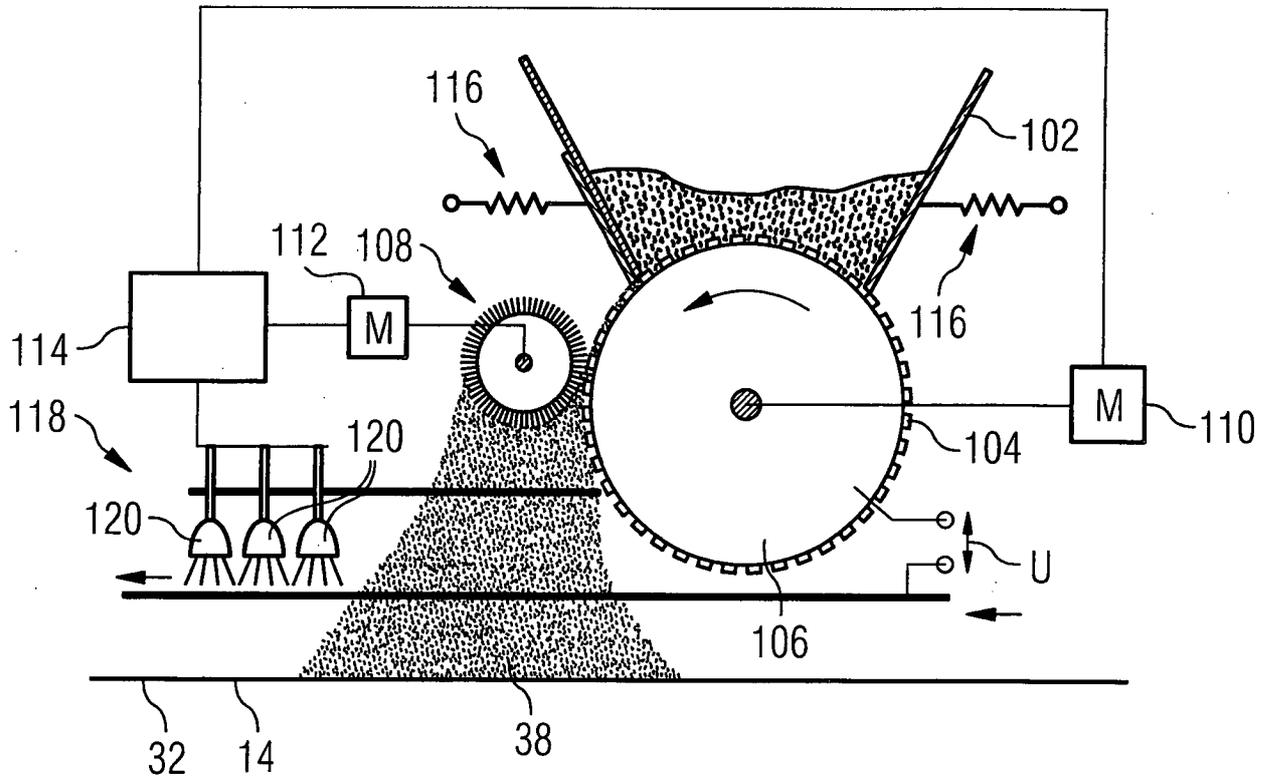


FIG 8

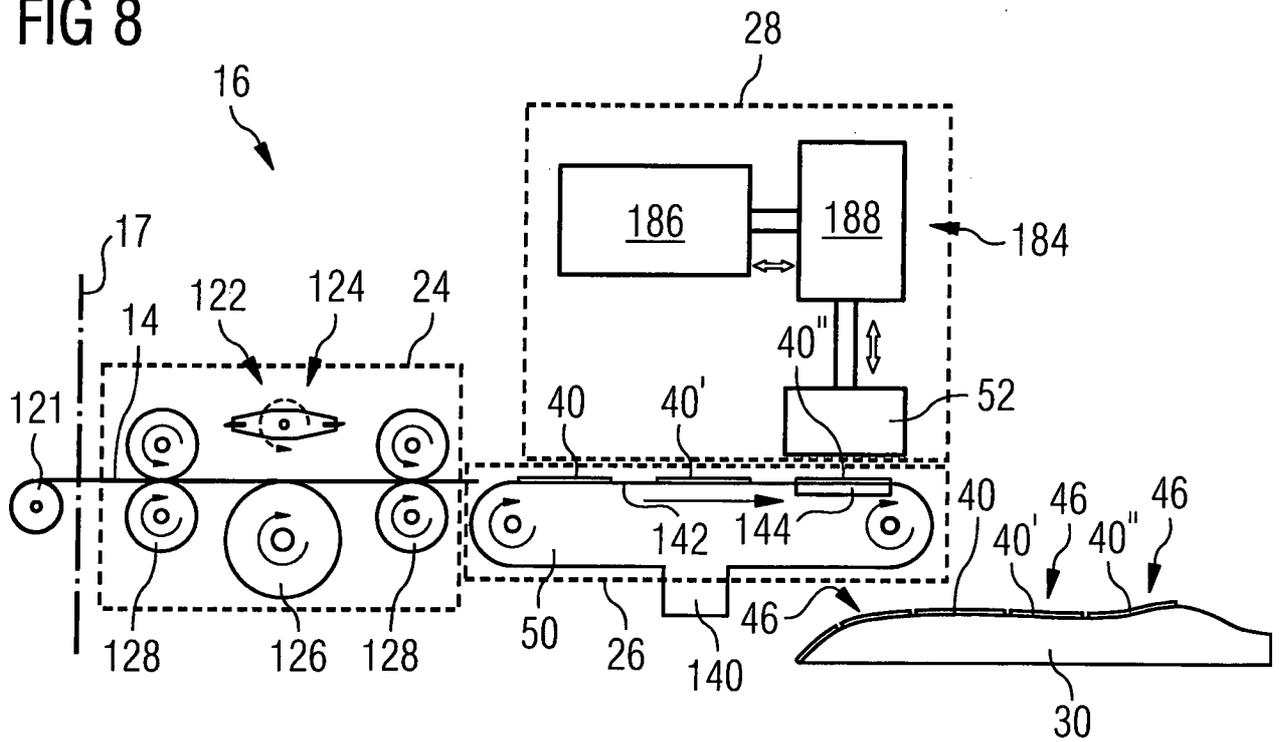


FIG 9

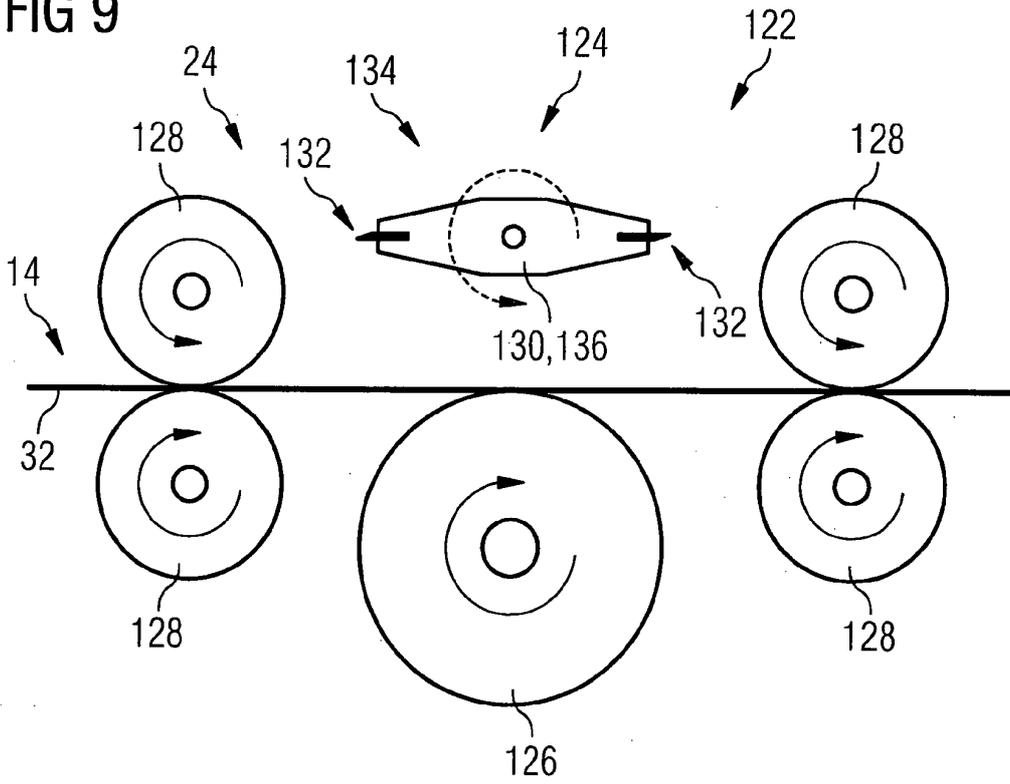


FIG 10

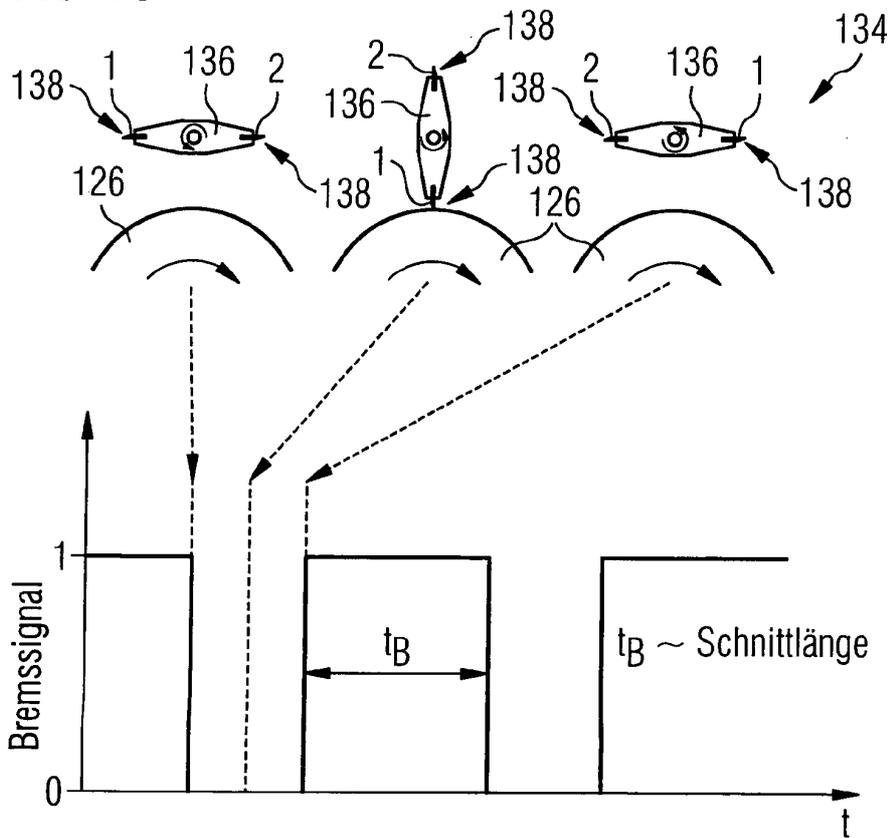


FIG 11

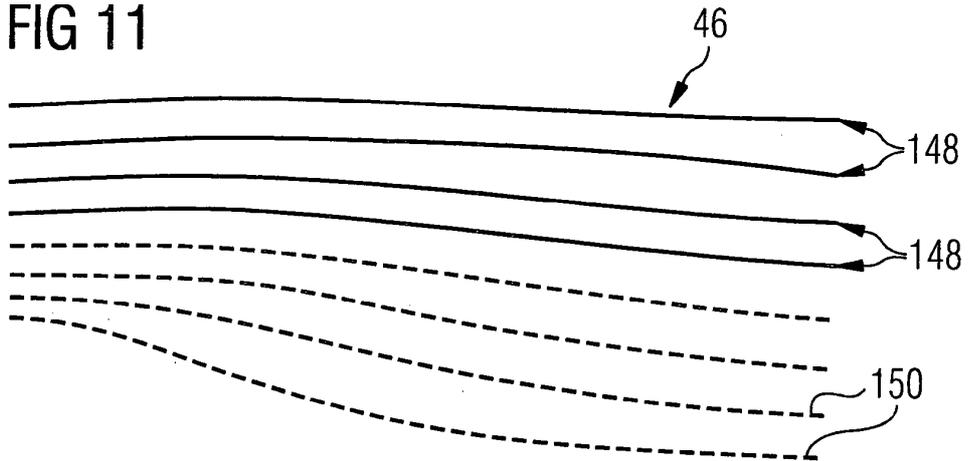


FIG 12

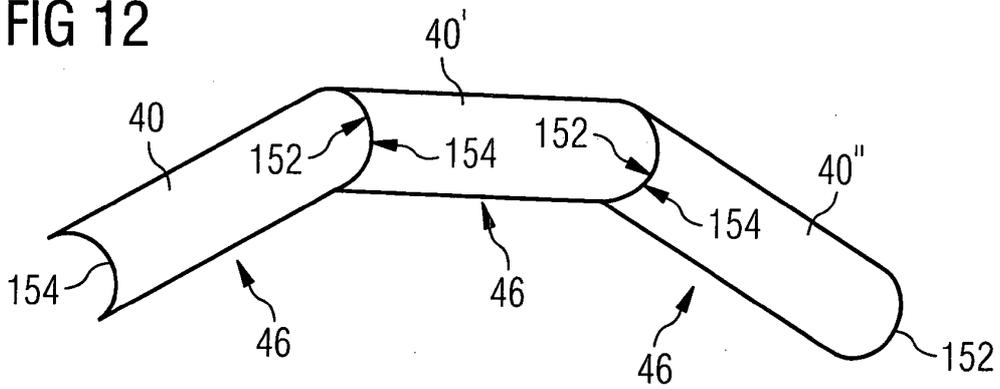


FIG 13

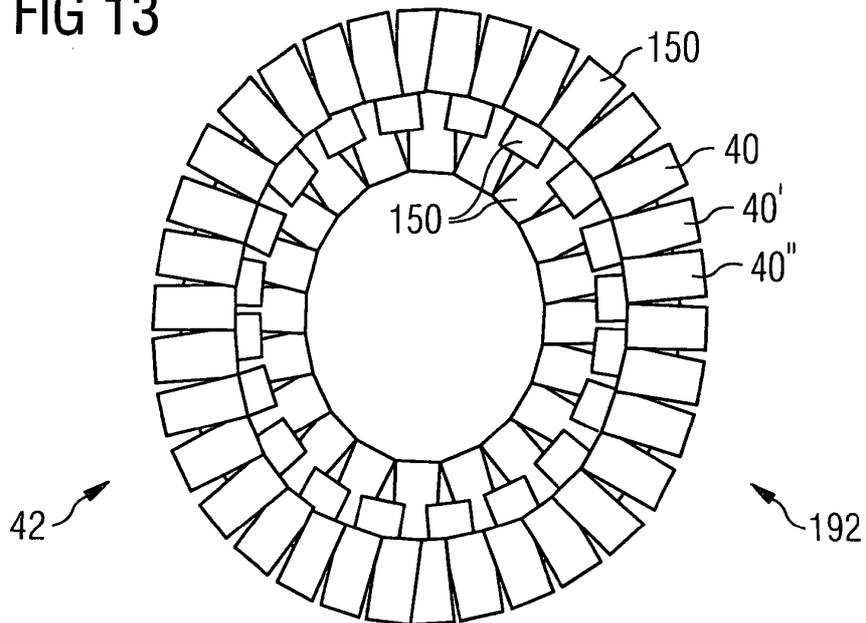


FIG 14

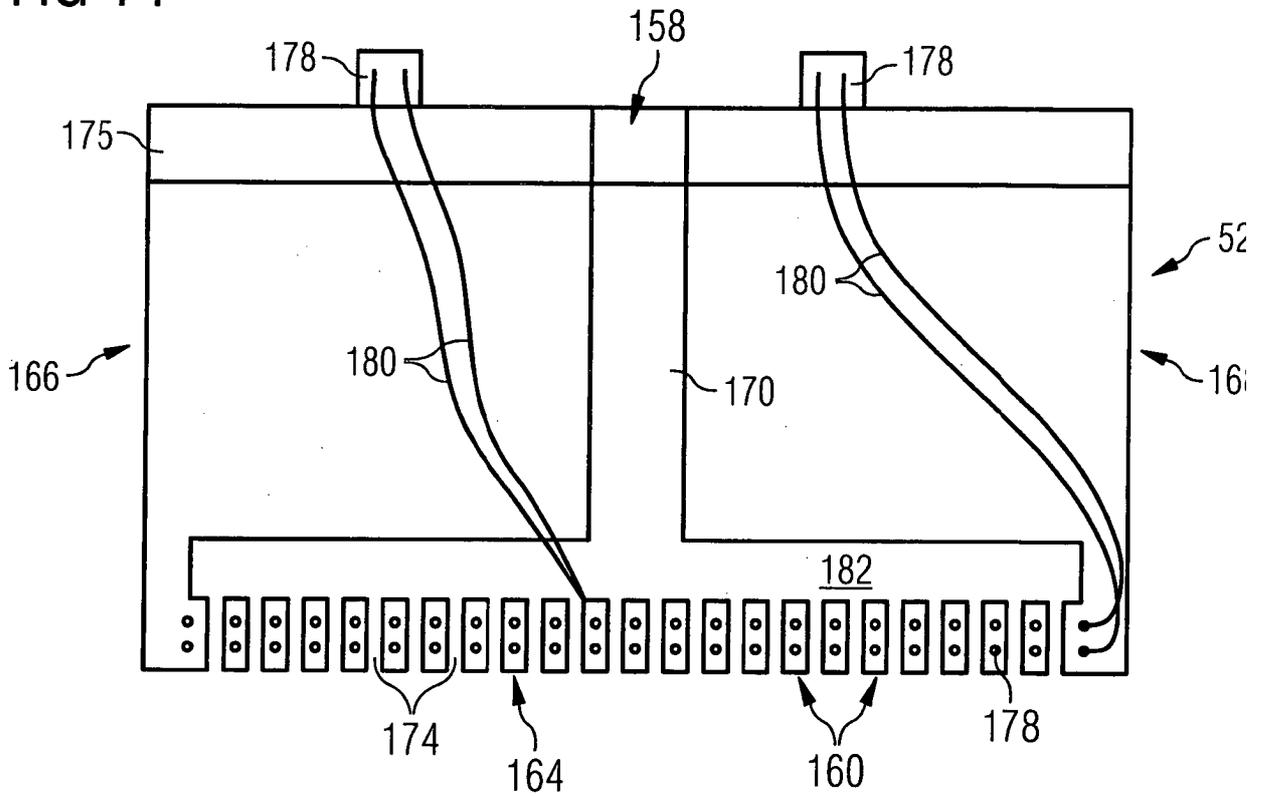


FIG 15

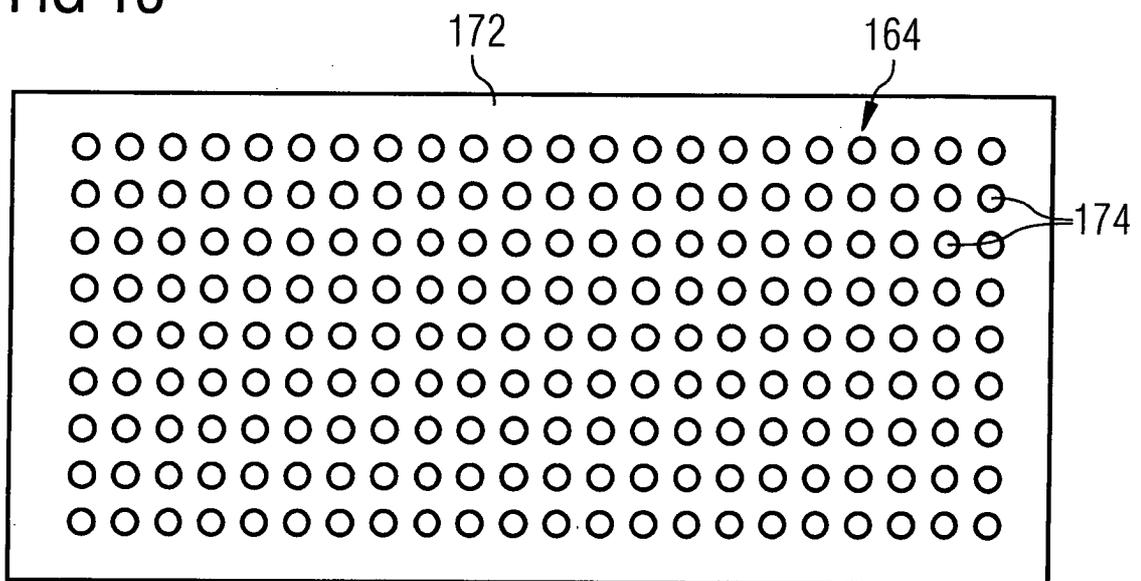


FIG 16

