

**WO 2009/010357 A2**



ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren sowie ein Werkzeug (1, 48) zur Herstellung eines T-Stringers, insbesondere im Luft- und Raumfahrtbereich. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass zwei Vorgelegestreifen {3, 4} aufeinander gelegt werden, wobei einem ausbildenden Stringerfuß (60) zugeordnete Abschnitte (5, 6) der Vorgelegestreifen (3, 4) voneinander mittels Trennfolien (7, 8) beabstandet werden und einem Stringersteg (61) zugeordnete Abschnitte (14, 15) der Vorgelegestreifen (3, 4) direkt, insbesondere stoffschlüssig, miteinander in Anlage gebracht werden. In einem weiteren Verfahrensschritt werden die Vorgelegestreifen (3, 4) an den dem auszubildenden Stringersteg (61) zugeordneten Abschnitten (5, 6) in eine Einspanneinrichtung (1) eingespannt. In einem noch weiteren Verfahrensschritt werden die dem ausbildenden Stringerfuß (60) zugeordneten Abschnitte (5, 6) in entgegengesetzte Richtung (28, 29) mittels eines Auffaltdorns (25) gefaltet und mittels einer Andrückwalze (37) gegen entsprechende Druckflächen (23, 24) der Einspanneinrichtung (1) gepresst, so dass die Abschnitte (5, 6) sauber fluchten. Abschließend werden die nun gefalteten Vorgelegestreifen (3, 4) zu dem herzustellenden T-Stringer ausgehärtet. Das erfindungsgemäße Verfahren weist gegenüber bekannten Verfahren zur Herstellung von T-Stringern den Vorteil auf, dass eine geringere Anzahl von Schritten erforderlich ist, um einen T-Stringer herzustellen, und dass sich diese einfach automatisieren lassen.

5

**Verfahren und Werkzeug zur Herstellung eines T-Stringers**  
-----

10 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und ein Werkzeug zur Herstellung eines T-Stringers, insbesondere im Luft- und Raumfahrtbereich.

Aus dem Stand der Technik sind eine Vielzahl von Verfahren  
15 zur Herstellung von T-Stringern bekannt. Bei einem solchen bekannten Verfahren werden Vorgelegestreifen zu L-Profilen warm umgeformt und in einem weiteren Schritt jeweils zwei der L-Profile an ihren Schenkeln zum Ausbilden eines T-Profils zusammengefügt. Die T-Profile werden anschließend zu T-  
20 Stringern ausgehärtet. Dieses Verfahren ist durch eine Vielzahl zumeist manueller Schritte geprägt, was vergleichsweise zeit- und kostenaufwändig ist.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren und/oder ein verbessertes Werkzeug zur Herstellung von T-Stringern bereitzustellen.  
25

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und/oder ein Werkzeug mit  
30 den Merkmalen des Patentanspruchs 8 gelöst.

Demgemäß wird ein Verfahren zur Herstellung eines T-Stringers, insbesondere im Luft- und Raumfahrtbereich, mit folgenden Schritten bereitgestellt: Zunächst werden ein erster und ein zweiter Vorgelegestreifen bereitgestellt. Im An-  
35

schluss daran wird eine erste Trennfolie auf einen einem auszubildenden Stringerfuß des T-Stringers zugeordneten Abschnitt des ersten Vorgelegestreifens aufgelegt, wobei die erste Trennfolie an eine Kante des ersten Vorgelegestreifens angrenzt. In einem weiteren Schritt wird eine zweite Trennfolie auf einen dem auszubildenden Stringerfuß zugeordneten Abschnitt des zweiten Vorgelegestreifens aufgelegt, wobei die zweite Trennfolie an eine Kante des zweiten Vorgelegestreifens angrenzt. In einem noch weiteren Schritt wird der zweite Vorgelegestreifen auf den ersten Vorgelegestreifen aufgelegt, derart, dass ein einem auszubildenden Stringersteg des T-Stringers zugeordneter Abschnitt des zweiten Vorgelegestreifens auf einem dem auszubildenden Stringersteg des T-Stringers zugeordneter Abschnitt des ersten Vorgelegestreifens aufliegt und die erste und zweite Trennfolie aufeinander aufliegen. Weiterhin anschließend werden die dem auszubildenden Stringerfuß zugeordneten Abschnitte des ersten und zweiten Vorgelegestreifens in entgegengesetzter Richtung aufgefaltet. Anschließend werden der erste und zweite Vorgelegestreifen zum Ausbilden des T-Stringers wenigstens teilweise ausgehärtet.

Ferner wird ein Werkzeug zur Herstellung eines T-Stringers, insbesondere im Luft- und Raumfahrtbereich, mit einer Einspanneinrichtung und einem Auffaltdorn bereitgestellt. Die Einspanneinrichtung ist zum Einspannen einem auszubildenden Stringersteg des T-Stringers zugeordneter, aufeinander aufliegender Abschnitte eines ersten und zweiten Vorgelegestreifens vorgesehen. Der Auffaltdorn ist bezogen auf die Einspanneinrichtung für ein Auffalten einem Stringerfuß des T-Stringers zugeordneter Abschnitte des ersten und zweiten Vorgelegestreifens, die über die Einspanneinrichtung überstehen, bewegbar.

Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Idee besteht darin, dass zwei aufeinander liegende Vorgelegestreifen abschnittsweise gefaltet werden können, um so auf einfache Weise einen T-Stringer zu erzeugen. Die Trennfolien dienen dabei zum einen als Positionierhilfe, insbesondere für einen Auffaltdorn, und zum anderen ermöglichen sie, insbesondere bei Vorgelegestreifen aus Prepreg-Material ein einfaches abschnittsweise Falten derselben, denn ohne die Trennfolien würden die Vorgelegestreifen auf Grund der in sie eingebrachten Matrix miteinander verkleben bzw. den Auffaltdorn verharzen und damit unbrauchbar machen.

Gegenüber dem aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren zur Herstellung von T-Stringern lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren sehr einfach automatisieren bzw. ist das erfindungsgemäße Verfahren durch eine geringere Anzahl von Verfahrensschritten geprägt.

In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Ausgestaltungen und Verbesserungen der Erfindung.

Darunter, dass die erste bzw. zweite Trennfolie an eine Kante des ersten bzw. zweiten Vorgelegestreifens angrenzt, ist insbesondere auch zu verstehen, dass die erste und/oder zweite Trennfolie über die Kante des ersten bzw. zweiten Vorgelegestreifens übersteht. Ein „reines“ Angrenzen ist der Grenzzustand, bei welchem es dem Auffaltdorn gerade noch möglich ist, zwischen die erste und zweite Trennfolie sicher einzudringen.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die aufeinander aufliegenden, dem Strin-

gersteg zugeordneten Abschnitte des ersten und zweiten Vorgelegestreifens in eine Einspanneinrichtung eingespannt, wobei die dem Stringerfuß zugeordneten Abschnitte des ersten und zweiten Vorgelegestreifens über die Einspanneinrichtung überstehen, und anschließend wird ein Auffaltdorn zwischen die erste und zweite Trennfolie zum Auffalten der dem auszubildenden Stringerfuß zugeordneten Abschnitte des ersten und zweiten Vorgelegestreifens in entgegengesetzter Richtung eingeführt. Mittels Einspannen der dem auszubildenden Stringersteg zugeordneten Abschnitte lassen sich der erste und zweite Vorgelegestreifen sehr einfach handhaben. Bevorzugt wird beim Einspannen ein hoher Druck auf die eingespannten Abschnitte gegeben, so dass es hier zu einer stoffschlüssigen Verbindung bzw. zu einem sehr engen Anliegen der Abschnitte aneinander kommt. Der Auffaltdorn wird vorzugsweise quer zu den Vorgelegestreifen zwischen die erste und zweite Trennfolie eingeführt und spreizt dabei die dem auszubildenden Stringerfuß zugeordneten Abschnitte zunächst auf. Wird der Auffaltdorn dann weiter in Querrichtung der Vorgelegestreifen bewegt, so kommt es zu einem Falten der Vorgelegestreifen (d.h. bilden einer Falz, also lokales Abknicken der Vorgelegestreifen in ihrer Querrichtung). Die dem Stringerfuß zugeordneten Abschnitte des ersten und zweiten Vorgeleges weisen dann einen Winkel von vorzugsweise in etwa 90 Grad bezogen auf die dem auszubildenden Stringersteg zugeordneten Abschnitte auf. Anschließend wird der Auffaltdorn vorzugsweise in Längsrichtung der Vorgelegestreifen bewegt, da je nach Material und/oder Länge der Vorgelegestreifen diese nur lokal (bzgl. der Längsrichtung der Vorgelegestreifen) mittels Bewegung des Auffaltdorns in Querrichtung und nicht über ihre gesamte Länge umgefaltet werden können. Der Verfahrensschritt gemäß dieser Weiterbildung ist kinematisch einfach zu reali-

sieren und eignet sich daher besonders gut für eine Automatisierung.

Bei einer weiter bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die aufgefalteten, dem Stringerfuß zugeordneten Abschnitte des ersten und zweiten Vorgelegestreifens für ein Fluchten derselben jeweils gegen eine Fläche der Einspanneinrichtung, insbesondere mittels einer in Längsrichtung des Vorgelegestreifens bewegten Andruckwalze, gedrückt. In Abhängigkeit von dem Material der Vorgelegestreifen kann es für das Erzeugen sauber ausgerichteter und/oder fluchtender dem Stringerfuß zugeordneter Abschnitte notwendig sein, diese zwischen zwei im Wesentlichen plane Flächen, vorzugsweise ausgebildet durch die Flächen der Einspanneinrichtung und die Andruckwalze, zu pressen, wobei die dem auszubildenden Stringerfuß zugeordneten Abschnitte der Vorgelegestreifen in einer Ebene zwischen den zwei planen Flächen liegen.

Gemäß einer weiter bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden direkt nach dem Auffalten oder direkt nach dem Drücken gegen die Flächen die erste und zweite Trennfolie entfernt. Da die Trennfolien nach den genannten Schritten nicht weiter benötigt werden, sollten diese vorzugsweise entfernt werden, um ein Aushärten derselben mit dem ersten und zweiten Vorgelegestreifen zu vermeiden.

Gemäß einer weiter bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die aufgefalteten, dem auszubildenden Stringerfuß zugeordneten Abschnitte des ersten und zweiten Vorgelegestreifens vor dem wenigstens teilweisen Aushärten mechanisch bearbeitet, insbesondere beschnitten. Durch das Auffalten der dem auszubildenden Stringerfuß zugeordneten

Abschnitte kommt es in diesen zu einem sog. „Bucheffect“. Mit einem Bucheffect ist ein Verschieben einzelner Schichten in den aufgefalteten Abschnitten, ähnlich den Seiten eines aufgeschlagenen Buches, gemeint. Im noch weichen Zustand lassen sich die von dem Bucheffect betroffenen Abschnitte einfach mechanisch bearbeiten. Insbesondere auch deshalb, da die dem Stringersteg zugeordneten Abschnitte in dem Werkzeug eingespannt sind und sich daher eine einfache Handhabung des ersten und zweiten Vorgelegestreifens im aufgefalteten Zustand ergibt.

Bei einer weiter bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden der erste und zweite Vorgelegestreifen als Prepreg-Material (also mit einer Matrix, beispielsweise Epoxidharz, vorimprägniertes Fasermaterial) und/oder trockner Faserformling (Fasermaterial ohne Harz) bereitgestellt. Mit einem Vorgelegestreifen ist vorliegend jegliches Fasergelege oder Fasergewebe gemeint. Vorzugsweise handelt es sich um Gelege, bei welchen die Ausrichtung der Fasern bereits hinsichtlich der späteren Verwendung des T-Stringers hin optimiert sind. Vorzugsweise sind die Vorgelegestreifen mittels eines Tape-Legeverfahrens hergestellt und weisen daher eine oder mehrere Schichten aus Tape auf. Unter einem „Tape“ sind vorliegend vorzugsweise unidirektionale Fasergelege zu verstehen, die mit einer Harzmatrix imprägniert sind.

Überhaupt ist es vorzuziehen, dass den Vorgelegestreifen vor dem Auffalten Wärme zugeführt wird, um ein plastisches Verformen derselben zu gewährleisten.

Vorzugsweise werden der erste und zweite Vorgelegestreifen in einem materialtechnischen Zustand bereitgestellt, derart,

dass sie eine ausreichende Formstabilität aufweisen, so dass ein Einspannen des ersten und zweiten Vorgelegestreifens bei überstehendem, den ausbildenden Stringerfüßen zugeordneten Abschnitten nicht dazu führt, dass es allein aufgrund der Gewichtskraft zu einem Verformen des ersten und zweiten Vorgelegestreifens insbesondere im Bereich der über das Werkzeug überstehenden Abschnitte des ersten und zweiten Vorgelegestreifens kommt.

10 Bei einer weiter bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der trockene Faserformling, insbesondere mit Binder, nach dem Auffalten, insbesondere unter Zufuhr von Wärme zum Aufschmelzen des Binders für ein plastisches Verformen des Faserformlings, mit einer Harzmatrix imprägniert. Dies kann beispielsweise mittels eines Vakuuminfusionsverfahrens geschehen. Damit lassen sich auch einfach trockene Faserformlinge zu T-Stringern verarbeiten.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Werkzeugs weist dieses eine Andrückwalze auf, mittels welcher 20 die aufgeklappten, dem Stringerfuß zugeordneten Abschnitte des ersten und zweiten Vorgelegestreifens für ein Fluchten derselben gegen Flächen der Einspanneinrichtung drückbar sind. Wie bereits oberhalb beschrieben wird somit eine saubere Ausrichtung bzw. ein Fluchten der dem auszubildenden Stringerfuß zugeordneten Abschnitte des ersten und zweiten Vorgelegestreifens gewährleistet.

Gemäß einer weiter bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Werkzeugs weist die Andrückwalze zwei rotierbare, zylindrische Abschnitte auf einer Achse auf, wobei der Auffaltdorn zwischen den rotierbaren, zylindrischen Abschnitten angeordnet ist. Somit kann eine kinematische Einheit geschaffen

werden, die sowohl das Auffalten als auch das Drücken der dem auszubildenden Stringerfuß zugeordneten Abschnitte gegen die Flächen der Einspanneinrichtung erlaubt. Damit vereinfacht sich der Aufbau des Werkzeugs erheblich und auch der Steuerungsaufwand wird reduziert.

Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Werkzeugs weist der Auffaltdorn eine sich in seiner Einführrichtung konkav verjüngende Spitze auf. Ein solcher Auffaltdorn ermöglicht zunächst ein sicheres Einführen desselben zwischen die erste und zweite Trennfolie. Die konkaven Flächen wirken anschließend als Führungsmittel, welche die dem auszubildenden Stringerfuß zugeordneten Abschnitte in entgegengesetzte Richtungen führen und so zunächst ein Aufspreizen und schließlich ein Auffalten dieser bewirken. Weiterhin anschließend kann diese Führungsfunktion auch von den rotierbaren, zylindrischen Abschnitten übernommen werden.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren näher erläutert.

Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 einen Verfahrenszustand eines Verfahrens gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 einen weiteren Verfahrenszustand gemäß dem Ausführungsbeispiel;

Fig. 3 einen noch weiteren Verfahrenszustand gemäß dem Ausführungsbeispiel;

Fig. 4 einen noch weiteren Verfahrenszustand gemäß dem Ausführungsbeispiel; und

5 Fig. 5 einen Verfahrenszustand eines Verfahrens gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

10 In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten, soweit nichts Gegenteiliges angegeben ist.

Fig. 1 zeigt schematisch einen Querschnitt durch eine Einspanneinrichtung 1, in welcher eine Vorgelegeanordnung 2 eingespannt ist. Die Vorgelegeanordnung 2 weist einen ersten und  
15 einen zweiten Vorgelegestreifen 3 bzw. 4 auf, beide vorzugsweise aus einer oder mehreren insbesondere mittels eines automatischen Tapelegers hergestellter Tapelagen.

Zwischen Abschnitten 5, 6 des ersten bzw. zweiten Vorgelegestreifens 3 bzw. 4, welche dazu bestimmt sind, den Stringerfuß des herzustellenden T-Stringers auszubilden, sind eine  
20 erste und eine zweite Trennfolie 7, 8 angeordnet. Die erste und zweite Trennfolie 7, 8 verhindern ein Verkleben der Abschnitte 5 und 6. Wie später ersichtlich wird, kommt der ersten und zweiten Trennfolie 7, 8 auch die Funktion einer Positionierhilfe für den Auffaltdorn zu.  
25

Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel stehen die erste und zweite Trennfolie 7, 8 über Kanten 12, 13 des ersten bzw.  
30 zweiten Vorgelegestreifens 3 bzw. 4 über. Auch diese Maßnahme erleichtert es, den Auffaltdorn zwischen die erste und zweite Trennfolie 7, 8 einzuführen, wie später ersichtlich wird.

Angrenzend an die Abschnitte 5, 6 weisen der erste Vorgelegestreifen bzw. zweite Vorgelegestreifen 3 bzw. 4 jeweils Abschnitte 14, 15 auf, welche dazu bestimmt sind, den Stringersteg des herzustellenden T-Stringers auszubilden. Die Abschnitte 14, 15 liegen direkt aufeinander auf.

Die in Fig. 1 gezeigte Vorgelegeanordnung 2 kann einfach auf einer geeigneten Laminiervorrichtung (nicht dargestellt) mittels Aufeinanderlegen der Vorgelegestreifen 3, 4 und Trennfolien 7, 8 aufgebaut werden. Prinzipiell ist es möglich, zusätzlich sogenannte "Blades" (nicht dargestellt) aus Faserverbundwerkstoff zwischen den dem Stringersteg zugeordneten Abschnitten 14, 15 anzuordnen.

Im Anschluss daran wird die Vorgelegeanordnung 2, wie in Fig. 1 gezeigt, in die Einspanneinrichtung 1 eingelegt, derart, dass die Abschnitte 14, 15 zwischen zwei Klemmbacken 16, 17 gehalten werden. Die Klemmbacken 16, 17 weisen jeweils Klemmflächen 21, 22, zwischen welchen die Abschnitte 14, 15 geklemmt sind, und im Wesentlichen rechtwinklig zu den Klemmflächen 21, 22 vorgesehene Druckflächen 23, 24 auf. Die Abschnitte 5, 6 stehen im Wesentlichen senkrecht über die Druckflächen 23, 24 über.

Vorzugsweise wird mittels der Klemmbacken 16 und 17 ein Druck auf die Abschnitte 14, 15 gegeben, so dass es zu einer stofflichen Vermengung zwischen den Abschnitten 14, 15 kommt.

Vorliegend ist die Querrichtung der Vorgelegeanordnung 2 bzw. der Einspanneinrichtung 1 mit X (siehe Fig. 2), die Längsrichtung der Vorgelegeanordnung 2 bzw. der Einspanneinrichtung 1 mit Y und die Hochrichtung der Einspanneinrichtung 1

bzw. die Dickenrichtung der Vorgelegeanordnung 2 mit Y bezeichnet.

In einem weiteren Verfahrensschritt, wie dargestellt in Fig. 2, wird nun ein Auffaltdorn 25 (Der Auffaltdorn 25 ist um die Z-Achse um etwa 45 Grad gedreht und stark vergrößert dargestellt.) in Richtung des Pfeils 26 (Querrichtung X der Vorgelegestreifen 3, 4) auf die Vorgelegeanordnung 2 aufgefahren. Der Auffaltdorn 25 weist vorzugsweise eine sich konkav verjüngende Gestalt auf.

Der Auffaltdorn 25 wird vorzugsweise im Grunde durch einen Dreieckszylinder 32 mit einer in Fig. 2 verdeckt dargestellten Grundfläche 33, die sich im Wesentlichen in der X-Z-Ebene erstreckt, gebildet. Der Dreieckszylinder 32 selbst erstreckt sich in der Y-Richtung und weist Schenkelflächen 34, 35 auf, die sich in der X-Z-Ebene zu der Spitze 27 hin konkav verjüngen. Die Deckfläche 36 des Dreieckszylinders 32 verläuft schräg in der X-Y-Ebene, vorzugsweise konvex gekrümmt, auf die Spitze 27 hinzu.

Mittels Auffahren des Auffaltdorns 25 auf die Einspanneinrichtung 1 (also in Richtung des Pfeils 26) zwischen die Trennfolien 7, 8 werden die Kanten 12, 13 der Vorgelegestreifen 3 bzw. 4 entlang der Schenkelflächen 34, 35 immer weiter in entgegengesetzter Richtung gefaltet, angedeutet durch die Pfeile 28, 29, bis der Zustand wie in Fig. 3 gezeigt vorliegt, wobei sich die Abschnitte 5, 6 unter einem Winkel von etwa 90 Grad zu den Abschnitten 14, 15 erstrecken und gegen die Druckflächen 23, 24 der Klemmblöcke 16 bzw. 17 anliegen.

In Fig. 3 ist der Auffaltdorn 25 gegenüber Fig. 2 vereinfacht dargestellt. Darüber hinaus zeigt Fig. 3 zusätzlich eine An-

drückwalze 37, welche zwei auf einer Achse 39 angeordnete und um diese rotierbare, zylindrische Abschnitte 41, 42 aufweist. Diese sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in Fig. 2 nicht dargestellt worden.

5

Der Dorn 25 ist zwischen den beiden Abschnitten 41, 42 angeordnet, derart, dass er in Querrichtung X zu der Einspanneinrichtung 1 hin über die zylindrischen Abschnitte 41, 42 übersteht.

10

Mittels Bewegen der Andruckwalze 37 in Richtung des Pfeils 26 werden die Abschnitte 5, 6 gegen die Druckflächen 23, 24 gepresst und somit eine fluchtende und gleichmäßige Ausrichtung dieser erzielt. In dem in Fig. 3 dargestellten Zustand erstreckt sich der Auffaltdorn 25 vorzugsweise in den üblicherweise für einen Zwickel (nicht dargestellt) vorgesehenen Bereich 47 der Vorgelegeanordnung 2.

15

Der Auffaltdorn 25 und die Andruckwalze 37 sind vorzugsweise als eine Einheit 48 ausgebildet, welche beispielsweise an einem Ende eines Roboterarms, insbesondere eines Portalroboters, angebracht ist.

20

In einem weiteren Verfahrensschritt wird die Einheit 48 entlang des Pfeils 53 (siehe Fig. 2) verfahren, wodurch die Abschnitte 5, 6 über ihre gesamte Länge (Y-Richtung), wie in Fig. 3 dargestellt, aufgefaltet werden.

25

Vorzugsweise wird während und/oder vor dem Auffalten der Vorgelegeanordnung, insbesondere den Abschnitten 5, 6 Wärme zugeführt. Dies kann beispielsweise über geeignete Solarstrahler erfolgen. Dadurch werden die Vorgelegestreifen 3, 4 geschmeidig und lässt sich plastisch einfach verformen.

30

Nun können die Trennfolien 7, 8 in einem weiteren Verfahrensschritt entfernt werden, da sie nun nicht weiter benötigt werden.

5

Nach dem Auffalten können die Abschnitte, 5, 6 in ihrer Lage mittels Folienstreifen (nicht dargestellt) fixiert werden.

10

Das Auffalten der Abschnitte 5, 6 bewirkt den bereits angesprochenen Bucheffekt. Daher ist es beispielsweise möglich, in einem weiteren Verfahrensschritt die Kanten 12, 13 der Abschnitte 5 bzw. 6 und/oder auch die Kanten 54, 55 der Abschnitte 14 bzw. 15 mit Schnittwerkzeugen 56, 57, 58 mechanisch nachzuarbeiten. Dies ist schematisch in den Figuren 2 und 4 dargestellt.

15

In einem weiteren Verfahrensschritt können weitere Fußlagen 59 auf die nun in einer Ebene, also fluchtend, angeordneten Abschnitte 5, 6 aufgebracht werden, um den auszubildenden Stringerfuß zu verstärken.

20

Anschließend wird die gesamte Anordnung aus Fig. 4 vakuumdicht eingepackt (nicht dargestellt) und unter Aufbringung von Wärme und/oder Druck ausgehärtet. Die Bereiche 60, 61 bilden dann den Stringersteg bzw. Stringerfuß.

25

Fig. 5 zeigt einen Verfahrenszustand bei einem Verfahren gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

30

Der in Fig. 5 dargestellte Zustand unterscheidet sich von dem in Fig. 1 hinsichtlich der Ausrichtung der Vorgelegeanordnung 2 relativ zu den Klemmbanken 16, 17. Der Winkel 64 zwischen

der Klemmfläche 21 und der Druckfläche 23 ist kleiner als 90 Grad, beispielsweise 60 Grad. Das weitere Verfahren entspricht dem, wie es für das Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 1 bis 4 beschrieben wurde.

5

Somit lässt sich mittels der Einspanneinrichtung 1 gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 ein T-Stringer herstellen, welcher einen bezogen auf den Fuß schräg gestellten Steg aufweist.

10

Obwohl die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiel vorliegend beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

15

Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren sowie ein Werkzeug zur Herstellung eines T-Stringers, insbesondere im Luft- und Raumfahrtbereich. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass zwei Vorgelegestreifen aufeinander gelegt

20

werden, wobei einem ausbildenden Stringerfuß zugeordnete Abschnitte der Vorgelegestreifen voneinander mittels Trennfolien beabstandet werden und einem Stringersteg zugeordnete Abschnitte der Vorgelegestreifen direkt, insbesondere stoffschlüssig, miteinander in Anlage gebracht werden. In einem

25

weiteren Verfahrensschritt werden die Vorgelegestreifen an den dem ausbildenden Stringersteg zugeordneten Abschnitten in eine Einspanneinrichtung eingespannt. In einem noch weiteren Verfahrensschritt werden die dem ausbildenden Stringerfuß zugeordneten Abschnitte in entgegengesetzte Richtung mittels

30

eines Auffaltdorns gefaltet und mittels einer Andrückwalze gegen entsprechende Druckflächen der Einspanneinrichtung gepresst, so dass die Abschnitte sauber fluchten. Abschließend werden die nun gefalteten Vorgelegestreifen zu dem herzustellenden T-Stringer ausgehärtet. Das erfindungsgemäße Verfahren

35

weist gegenüber bekannten Verfahren zur Herstellung von

T-Stringern den Vorteil auf, dass eine geringere Anzahl von Schritten erforderlich ist, um einen T-Stringer herzustellen, und dass sich diese einfach automatisieren lassen.

## B e z u g s z e i c h e n l i s t e

|    |    |                           |
|----|----|---------------------------|
|    | 1  | Einspanneinrichtung       |
|    | 2  | Vorgelegeanordnung        |
| 5  | 3  | erster Vorgelegestreifen  |
|    | 4  | zweiter Vorgelegestreifen |
|    | 5  | Abschnitt                 |
|    | 6  | Abschnitt                 |
|    | 7  | Trennfolie                |
| 10 | 8  | Trennfolie                |
|    | 12 | Kante                     |
|    | 13 | Kante                     |
|    | 14 | Abschnitt                 |
|    | 15 | Abschnitt                 |
| 15 | 16 | Klemmbacke                |
|    | 17 | Klemmbacke                |
|    | 21 | Klemmfläche               |
|    | 22 | Klemmfläche               |
|    | 23 | Druckfläche               |
| 20 | 24 | Druckfläche               |
|    | 25 | Auffaltdorn               |
|    | 26 | Pfeil                     |
|    | 27 | Spitze                    |
|    | 28 | Pfeil                     |
| 25 | 29 | Pfeil                     |
|    | 32 | Dreieckszylinder          |
|    | 33 | Grundfläche               |
|    | 34 | Schenkelfläche            |
|    | 35 | Schenkelfläche            |
| 30 | 36 | Deckfläche                |
|    | 37 | Andrückwalze              |
|    | 39 | Achse                     |
|    | 41 | Abschnitt                 |

|    |    |                 |
|----|----|-----------------|
|    | 42 | Abschnitt       |
|    | 47 | Bereich         |
|    | 48 | Einheit         |
|    | 53 | Pfeil           |
| 5  | 54 | Kante           |
|    | 55 | Kante           |
|    | 56 | Schnittwerkzeug |
|    | 57 | Schnittwerkzeug |
|    | 58 | Schnittwerkzeug |
| 10 | 59 | Fußlage         |
|    | 60 | Stringerfuß     |
|    | 61 | Stringersteg    |
|    | 64 | Winkel          |

5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines T-Stringers, insbesondere im Luft- und Raumfahrtbereich, mit folgenden Schritten:
- 10 - Bereitstellen eines ersten und zweiten Vorgelegestreifens (3; 4);
- Auflegen einer ersten Trennfolie (7) auf einen einem auszubildenden Stringerfuß (60) des T-Stringers zugeordneten Abschnitt (5) des ersten Vorgelegestreifens (3),
- 15 wobei die erste Trennfolie (7) an eine Kante (12) des ersten Vorgelegestreifens (3) angrenzt;
- Auflegen einer zweiten Trennfolie (8) auf einen dem auszubildenden Stringerfuß (60) zugeordneten Abschnitt (6) des zweiten Vorgelegestreifens (4), wobei die zweite
- 20 Trennfolie (8) an eine Kante (13) des zweiten Vorgelegestreifens (4) angrenzt;
- Auflegen des zweiten Vorgelegestreifens (4) auf den ersten Vorgelegestreifen (3) derart, dass ein einem auszubildenden Stringersteg (61) des T-Stringers zugeordneter
- 25 Abschnitt (15) des zweiten Vorgelegestreifens (4) auf einem dem auszubildenden Stringersteg (61) des T-Stringers zugeordneten Abschnitt (14) des ersten Vorgelegestreifens (3) aufliegt und die erste und zweite Trennfolie (7; 8) aufeinander aufliegen;
- 30 - Auffalten der dem auszubildenden Stringerfuß (60) zugeordneten Abschnitte (5, 6) des ersten und zweiten Vorgelegestreifens (3; 4) in entgegengesetzter Richtung (27, 28); und
- Wenigstens teilweise Aushärten des ersten und zweiten Vorgelegestreifens (3; 4) zum Ausbilden des T-Stringers.
- 35

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die aufeinander aufliegenden, dem auszubildenden  
5 Stringersteg (61) zugeordneten Abschnitte (14, 15) des  
ersten und zweiten Vorgelegestreifens (3; 4) in eine  
Einspanneinrichtung (1) eingespannt werden, wobei die  
dem Stringerfuß (60) zugeordneten Abschnitte (5, 6) des  
ersten und zweiten Vorgelegestreifens (3, 4) über die  
10 Einspanneinrichtung (1) überstehen, und anschließend ein  
Auffaltdorn (25) zwischen die erste und zweite Trennfo-  
lie (7; 8) zum Auffalten der dem auszubildenden Strin-  
gerfuß (60) zugeordneten Abschnitte (5, 6) des ersten  
und zweiten Vorgelegestreifens (3; 4) in entgegengesetz-  
15 ter Richtung (28, 29) eingeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die aufgefalteten, dem auszubildenden Stringerfuß  
20 (60) zugeordneten Abschnitte (5, 6) des ersten und zwei-  
ten Vorgelegestreifens (3; 4) für ein Fluchten derselben  
jeweils gegen eine Fläche (23, 24) der Einspanneinrich-  
tung (1), insbesondere mittels einer in Längsrichtung  
(53) der Vorgelegestreifen (3, 4) bewegten Andruckwalze  
25 (37), gedrückt werden.
4. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden An-  
sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
30 dass direkt nach dem Auffalten oder nach dem Drücken ge-  
gen die Flächen (23, 24) der Einspanneinrichtung (1) die  
erste und zweite Trennfolie (7; 8) entfernt werden.
5. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden An-  
35 sprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die aufgefalteten, dem auszubildenden Stringerfuß

(60) zugeordneten Abschnitte (5, 6) des ersten und zweiten Vorgelegestreifens (3; 4) vor dem wenigstens teilweise Aushärten mechanisch bearbeitet, insbesondere beschnitten, werden.

5

6. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der erste und zweite Vorgelegestreifen (3, 4) als  
10 Prepreg-Material und/oder trockener Faserformling bereitgestellt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
15 dass der trockene Faserformling nach dem Auffalten mit einer Matrix imprägniert wird.

8. Werkzeug zur Herstellung eines T-Stringers, insbesondere im Luft- und Raumfahrtbereich, mit:  
20 einer Einspanneinrichtung (1) zum Einspannen einem auszubildenden Stringersteg (61) des T-Stringers zugeordneter, aufeinander aufliegender Abschnitte (14, 15) eines ersten und zweiten Vorgelegestreifens (3; 4); und  
einem Auffaltdorn (25), welcher bezogen auf die Einspanneinrichtung (1) für ein Auffalten einem Stringerfuß  
25 (60) des T-Stringers zugeordneter Abschnitte (5, 6) des ersten und zweiten Vorgelegestreifens (3, 4), die über die Einspanneinrichtung (1) überstehen, bewegbar ist.

- 30 9. Werkzeug nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Andrückwalze (37) vorgesehen ist, mittels welcher die aufgeklappten, dem auszubildenden Stringerfuß  
(60) zugeordneten Abschnitte (5, 6) des ersten und zweiten Vorgelegestreifens (3; 4) für ein Fluchten derselben  
35 gegen Flächen (23, 24) der Einspanneinrichtung (1)

drückbar sind.

10. Werkzeug nach Anspruch 8 oder 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
5 dass die Andrückwalze (37) zwei rotierbare zylindrische  
Abschnitte (41, 42) auf einer Achse (39) aufweist, wobei  
der Auffaltdorn (25) zwischen den rotierbaren, zylindri-  
schen Abschnitten (41, 42) angeordnet ist.
- 10 11. Werkzeug nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Auffaltdorn (25) eine sich entlang seiner Ein-  
führriichtung (26) zwischen die dem Stringerfuß (60) zu-  
geordneten Abschnitte (5, 6) des ersten und zweiten Vor-  
15 gelegestreifens (3; 4) konkav verjüngende Gestalt auf-  
weist.

Fig. 1

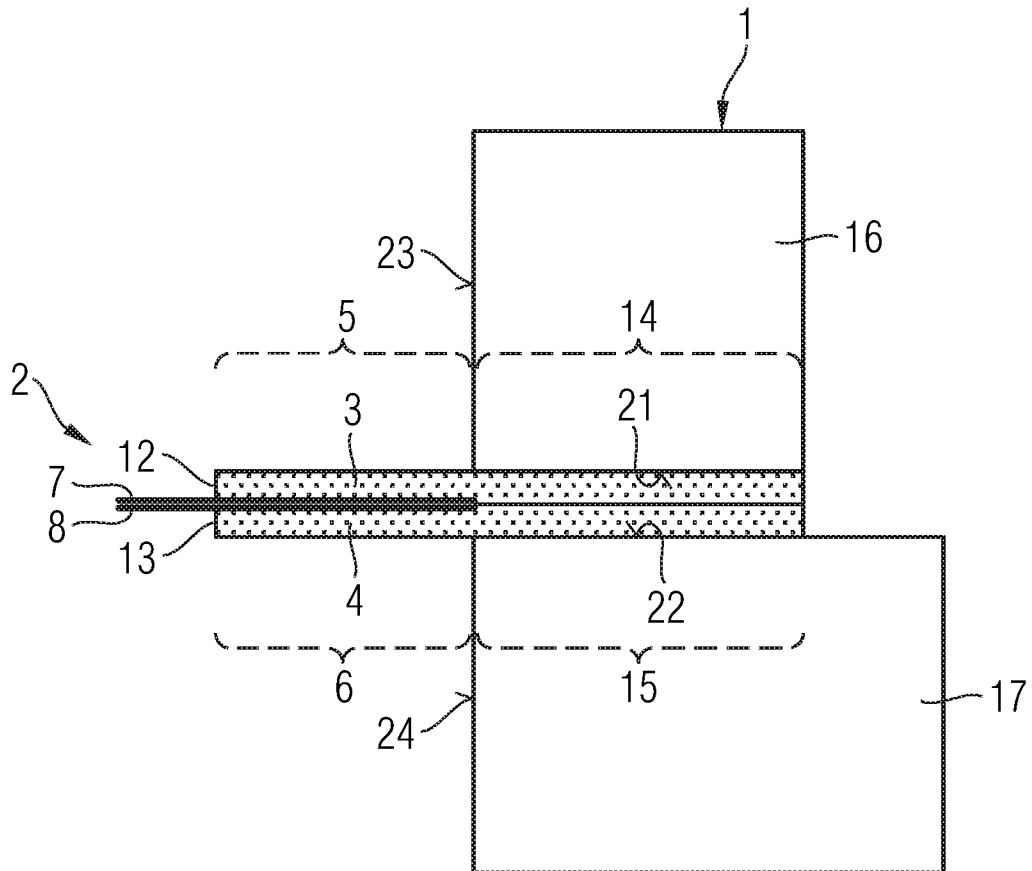




Fig. 3

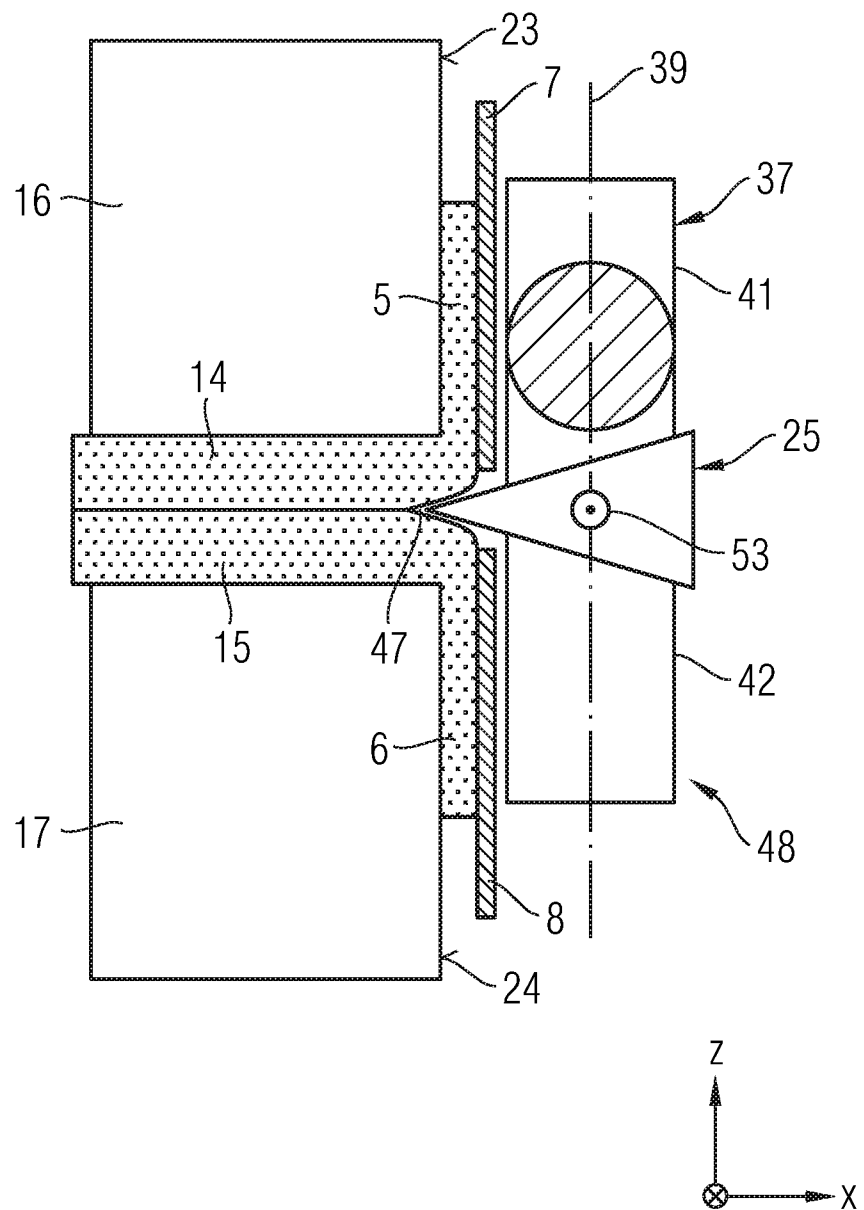


Fig. 4

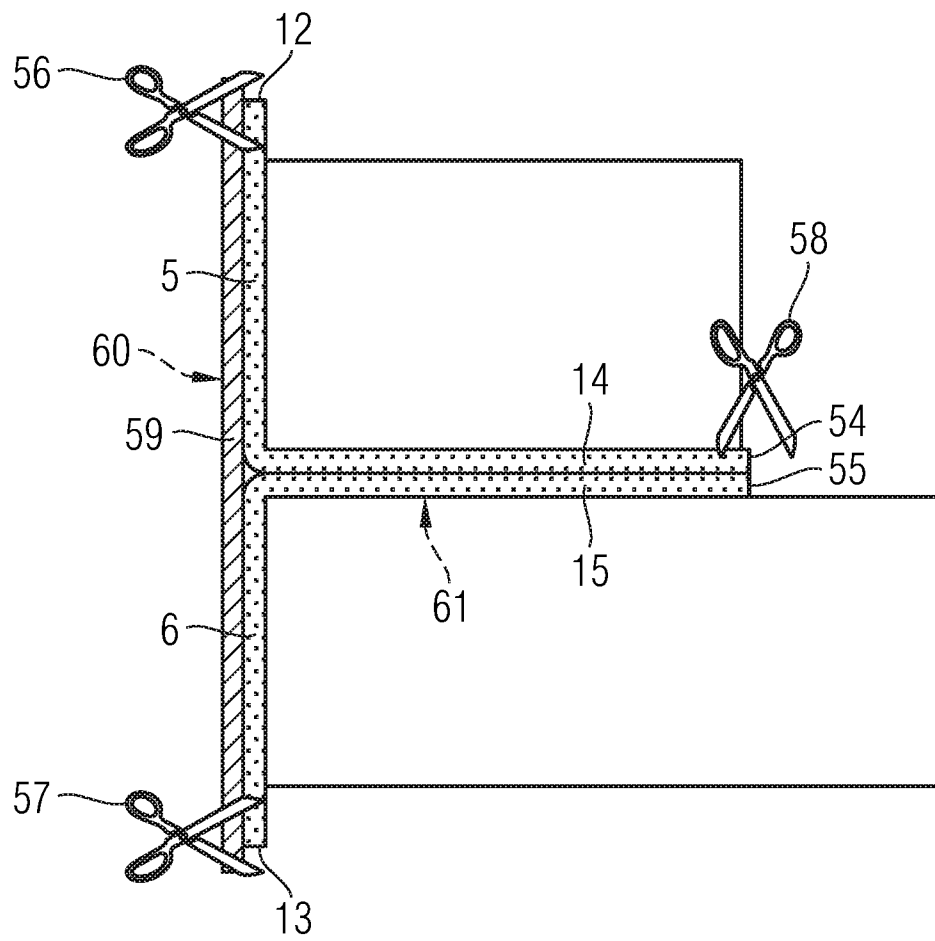


Fig. 5

