(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 157 271 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.02.2010 Patentblatt 2010/08

(51) Int Cl.:
E06B 3/82 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **09010629.5**

(22) Anmeldetag: **18.08.2009**

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

(30) Priorität: **18.08.2008 DE 202008010992 U**

(71) Anmelder: **Haustüren-Ring GmbH**
93345 Hausen/Herrnwalthann (DE)

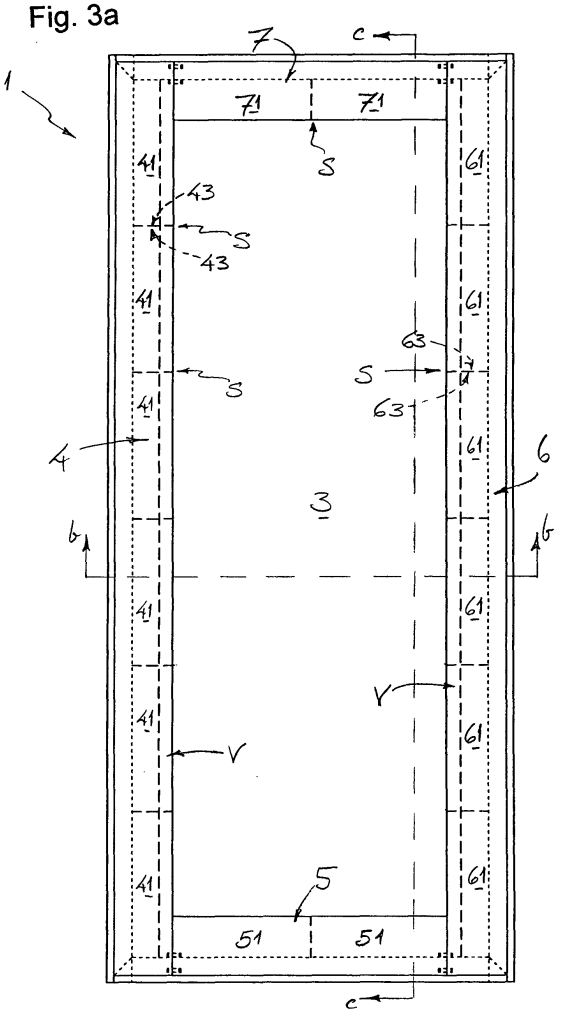
(72) Erfinder: **Zizlsperger, Alfons**
93345 Herrnwahlthann (DE)

(74) Vertreter: **Gehrig, Philip Walter et al**
Graf von Stosch
Patentanwaltsgesellschaft mbH
Prinzregentenstrasse 22
80538 München (DE)

(54) **Türrohling, Verfahren zur Herstellung eines Türrohlings, und Rahmenelement für einen Türrohling**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft einen Türrohling (1) mit einem Rahmen (2), der sich um einen wesentlichen Umfang des Türrohlings herum erstreckt, und einem Kern (3), der im Wesentlichen vom Rahmen (2) umgeben ist. Der erfindungsgemäße Türrohling weist ferner eine strukturelle, aus einem Verbundwerkstoff, insbesondere einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, bestehende Stabilisierungsschicht (8) auf, mit der mindestens eine Seite des Türrohlings versehen bzw. beschichtet ist. Der Rahmen (2) beinhaltet längliche Elemente (4-7), die sich um den Kern (3) herum erstrecken und damit den Umfang des Türrohlings im Wesentlichen definieren, und die länglichen Elemente (4-7) sind mit der strukturellen Stabilisierungsschicht (8) auf mindestens einer Seite, bevorzugt auf zwei gegenüberliegenden Seiten, versehen bzw. beschichtet. Vorzugsweise besteht das Rahmenelement (4-7) aus mehreren länglichen Komponenten (41, 42; 61, 62) und diese Komponenten (41, 42; 61, 62) des Rahmenelements (4-7) sind mit der strukturellen Stabilisierungsschicht (8) versehen bzw. beschichtet. Die Komponenten (41, 42; 61, 62) des mindestens einen Rahmenelements (4-7) sind vorzugsweise axial in Reihe angeordnet und sind durch die Stabilisierungsschicht (8) miteinander verbunden. Ebenfalls betrifft diese Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Türrohlings (1).

Fig. 3a



EP 2 157 271 A2

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft einen Türrohling, insbesondere einen Rohling für eine Haustür oder eine Wohnungstür, sowie Rahmenelemente für einen Türrohling und ein Verfahren zur Herstellung eines Türrohlings.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Die herkömmlichen Haustürrohlinge, die zur oberen Qualitätsklasse gehören, werden typischerweise aus hochwertigen und relativ teuren Materialien angefertigt. Solche hochwertigen Materialien wie z.B. Naturholz und Stahl gewährleisten zwar eine gewisse Qualität des Produktes, dennoch aber trägt deren Verwendung gleichzeitig zu höheren Produktionskosten und einer erhöhten Belastung der Umwelt durch einen höheren Bedarf an Holzbestände sowie einen höheren Energieverbrauch bei.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen qualitativ hochwertigen Türrohling aus kostengünstigeren und/oder umweltfreundlicheren Materialien zu produzieren. Mit anderen Worten sollte die Erfindung einen neuartigen Türrohling zur Verfügung stellen, der die strukturellen und physischen Anforderungen eines hochwertigen Türrohlings bietet, der aber gleichzeitig den Bedarf an Bauteile aus Holz und Stahl verringern kann.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0004] Diese Aufgabe wird durch einen Türrohling mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Türrohlings gemäß Anspruch 12 gelöst. Weitere bevorzugte Ausbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der abhängigen Ansprüche.

[0005] Der erfindungsgemäße Türrohling ist zum Montieren an einer Türöffnung geeignet, und weist folgende Merkmale auf: einen Rahmen, der sich um einen wesentlichen Umfang des Rohlings herum erstreckt, und einen Kern, der im Wesentlichen vom Rahmen umgeben ist. Der Türrohling ist durch eine strukturelle, aus einem Verbundwerkstoff, insbesondere einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, bestehende Stabilisierungsschicht gekennzeichnet. Der Türrohling ist auf mindestens einer Seite mit dieser Stabilisierungsschicht versehen bzw. beschichtet. In einer typischen Ausführung der Erfindung ist mindestens der Rahmen mit der strukturellen, aus Verbundwerkstoff bzw. faserverstärktem Verbundwerkstoff bestehenden Stabilisierungsschicht auf mindestens einer Seite, bevorzugt auf zwei gegenüberliegenden Seiten, versehen bzw. beschichtet.

[0006] Daher bezieht sich die Erfindung auf einen Türrohling mit einem Rahmen, der sich um einen wesentlichen Umfang des Türrohlings herum erstreckt, und einem Kern, der vom Rahmen im Wesentlichen umgeben ist. Der Türrohling weist eine strukturelle, aus Verbundwerkstoff bzw. faserverstärktem Verbundwerkstoff, bestehende Stabilisierungsschicht auf, die den Rahmen auf mindestens einer Seite beschichtet.

[0007] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung beinhaltet der Rahmen längliche Elemente, die sich um den Kern herum erstrecken und damit den wesentlichen Umfang des Rohlings definieren. Die länglichen Elemente sind mit der strukturellen, aus einem Verbundwerkstoff bzw. einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, bestehenden Stabilisierungsschicht auf mindestens einer Seite, bevorzugt auf mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten (also, auf der Innenseite und der Außenseite), versehen bzw. beschichtet. Vorzugsweise sind die länglichen Elemente des Rahmens mindestens teilweise von der Stabilisierungsschicht umwickelt bzw. umhüllt. Vorzugsweise hat der erfindungsgemäße Türrohling eine rechteckige Form. Die länglichen Elemente des Rahmens sind derart angeordnet, dass sie einen rechteckigen Rahmen um den Umfang des Rohlings bilden und der Kern ist von den länglichen Elementen im Wesentlichen umgeben.

[0008] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung besteht mindestens eines - und vorzugsweise jedes - der Rahmenelemente aus mehreren länglichen Bauteilen oder Komponenten, die mit der strukturellen Stabilisierungsschicht versehen bzw. beschichtet und miteinander verbunden sind. Vorzugsweise sind die mehreren Bauteile bzw. Komponenten des mindestens einen Rahmenelements nebenstehend oder miteinander benachbart, bevorzugt parallel, und weiter bevorzugt axial in Reihe bzw. in einer Linie angeordnet und durch die Stabilisierungsschicht miteinander verbunden. Die Komponenten der länglichen Rahmenelemente können aus verschiedenen Materialien bestehen, wie z.B. Holz oder holzhaltigen Werkstoffen, oder Kunststoff wie Polyurethan (z.B. Baydur®), und sind vorzugsweise Vierkantkomponenten, die einen rechteckigen Querschnitt haben.

[0009] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung sind benachbarte Enden der länglichen Komponenten des mindestens einen Rahmenelements in einem Abstand voneinander angeordnet. Gegenüber stehende Stirnseiten der benachbarten Enden dieser länglichen Komponenten sind vorzugsweise nicht direkt miteinander verbunden und können z.B. durch einen Spalt voneinander getrennt sein.

[0010] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung besitzt die Stabilisierungsschicht eine Dicke bzw. Stärke im

Bereich von 0,5 mm bis 15 mm, bevorzugt im Bereich von 1 mm bis 10 mm, und weiter bevorzugt von 1 mm bis 5 mm. Die Stabilisierungsschicht besteht vorzugsweise aus einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, z.B. faserverstärktem Kunststoff, der den Rohling eine hohe strukturelle Stabilität mit einer geringen Dicke bzw. Stärke verleiht. Die Fasern in dem faserverstärkten Verbundwerkstoff sind bevorzugt aus Glas (d.h. Glasfasern), obwohl andere Materialien für die Fasern wie z.B. Basalt, Kohlenstoff oder Aramid auch möglich sind. Die Verbundwerkstoffmatrix der Stabilisierungsschicht besteht bevorzugt aus einem oder mehreren Kunststoffen wie z.B. Polyester, Vinylester, Expoxid, Polyamid, Polyimid, Polypropylen oder ähnlichem. Nach Aushärten des Verbundwerkstoffes verleiht die Stabilisierungsschicht dem Rahmen bzw. dem Türrohling höhere strukturelle Stabilität und ermöglicht eine Reduzierung der sonstigen Verstärkungsglieder im Türrohling.

[0011] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung besteht die Stabilisierungsschicht aus mindestens einer Lage des faserverstärkten Verbundwerkstoffs. Jede Lage des faserverstärkten Verbundwerkstoffs kann eine oder mehrere Faserschichten beinhalten und die Fasern in jeder Faserschicht erstrecken sich bevorzugt zumindest teilweise in einer Längsrichtung der Rahmenelemente. Für Türen mit besonderen Belastungen kann die Stabilisierungsschicht aus mehreren Lagen bestehen, bevorzugt aus mehreren Lagen des faserverstärkten Verbundwerkstoffs. Die mehreren Lagen des faserverstärkten Verbundwerkstoffs verlaufen vorzugsweise in parallel und können durch eine oder mehrere Zwischenlagen in einem vorbestimmten Abstand voneinander gelegt bzw. angeordnet werden.

[0012] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung weist jedes Rahmenelement mindestens eine Strebe auf, die sich in einer Längsrichtung des Rahmenelements erstreckt und von der Stabilisierungsschicht bedeckt bzw. beschichtet ist. Vorzugsweise erstreckt sich die Strebe entlang einer wesentlichen Länge des Rahmenelements und ist an einer äußeren Seite des Rahmenelements angeordnet. Damit führt die Strebe zu einer Verstärkung bzw. Versteifung des Rahmenelements. Jedes Rahmenelement umfasst bevorzugt mindestens zwei Streben, die sich an gegenüber liegenden, äußeren Seiten des Rahmenelements angeordnet sind. Jede Strebe, welche vorzugsweise ein relativ flaches Profil hat, kann z.B. auf einer äußeren Seite der länglichen Komponenten des Rahmenelements gelegt bzw. geklebt werden, bevor die Stabilisierungsschicht aufgebracht wird. Anderenfalls kann die Strebe in eine Aussparung bzw. in eine Nut in den länglichen Komponenten aufgenommen und ggf. geklebt werden, bevor die Lagen des faserverstärkten Verbundwerkstoffs bzw. die Stabilisierungsschicht aufgebracht wird. Die Streben können als Stäbe bzw. Verstärkungsprofile ausgebildet sein und bestehen bevorzugt aus einem Verbundwerkstoff wie z.B. Glasfaserprofilen oder aus einem Metall wie z.B. Aluminium oder Stahl.

[0013] Üblicherweise definiert der Rohling eine Fläche, die zum Schließen der Türöffnung geeignet ist. Diese Fläche wird beispielsweise von der Stabilisierungsschicht umfasst und kann auch mit der Stabilisierungsschicht im Wesentlichen übereinstimmen. In einer Ausführungsform der Erfindung bedeckt die Stabilisierungsschicht sowohl den Kern als auch die länglichen Elemente des Rahmens auf der mindestens einen Seite des Rohlings. Daher kann eine ganze Seite des Rohlings beschichtet sein. Jedoch haben die Erfinder überraschend herausgefunden dass die Vorteile der Stabilisierungsschicht noch wesentlich erhalten bleiben, auch wenn die Beschichtung mit dem Verbundwerkstoff auf den Rahmen bzw. auf die Rahmenelemente beschränkt ist. In einer bevorzugten Form der Erfindung werden beide Seiten des Türrohlings mit der Stabilisierungsschicht versehen und diese Beschichtung kann auch auf den Rahmen bzw. die Rahmenelemente beschränkt sein. In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung sind die länglichen Rahmenelemente des Türrohlings von der Stabilisierungsschicht umhüllt oder umwickelt.

[0014] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist der Türrohling mit einer äußeren Decklage oder mit einem äußeren Deckblatt versehen. In diesem Zusammenhang wird der Fachmann verstehen, dass die Stabilisierungsschicht nicht für die äußere Erscheinung des Rohlings verantwortlich sein muss. Sondern die Decklage oder das Deckblatt wird z.B. über die Stabilisierungsschicht gelegt, um ein geeignetes Aussehen des Rohlings zu produzieren.

[0015] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung umfasst der Rahmen einen inneren, statisch tragenden Teil und einen äußeren Teil, der sich um einen äußersten Rand des Rahmens bzw. des Rohlings herum erstreckt. Das heißt, die Rahmen-Konstruktion hat einen inneren, Kraft tragenden Teil und einen äußeren Rand-Teil. Vorzugsweise ist der innere Teil des Rahmens mit der Stabilisierungsschicht versehen und der äußere Teil des Rahmens nicht. Der äußere Teil des Rahmens bildet einen sichtbaren Bereich und dient den notwendigen Bearbeitungen, wie Falzbearbeitungen, Beschläge usw. Da der äußere Teil des Rahmens sichtbar ist, wird er vorzugsweise aus einer Holzart angefertigt, die passend zum Deckblatt ist, sodass eine ästhetische oder dekorative Funktion auch gewährleistet wird.

[0016] Die vorliegende Erfindung stellt eine neuartige Konstruktion für einen Türrohling bzw. eine Tür dar, mit der Zug- und Druckspannungen, die an eine Haustür durch sich wechselnde klimatische Bedingungen entstehen, durch die Stabilisierungsschicht aus faserverstärktem Verbundwerkstoff aufgenommen werden können. Zudem kann diese Stabilisierungsschicht die Wasserdampfdurchlässigkeit der Haustür verringern. Diese Konstruktion hat damit den großen Vorteil, dass auf einen umlaufenden Stahlrahmen im Kern des Türrohlings sowie auf einen Anteil der Holzwerkstoffe verzichtet werden kann.

[0017] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung weist der Kern des Rohlings mindestens eine und vorzugsweise mehrere parallel verlaufende Lagen auf. Die Lage bzw. Lagen des Kerns kann bzw. können aus verschiedenen Materialien bestehen, wie z.B. Polyurethan, Polymer-Schaumstoffen wie Polystyrol-Hartschaumstoff (EPS), Grobspanplatten

(OSB-Platten), und/oder Sperrholzplatten. Durch eine Kombination von Materialien in mehreren Lagen kann der Aufbau des Kerns für verschiedene Anforderungen optimiert werden, wie z.B. Gewicht, thermische Dämmung und/oder akustische Dämmung.

[0018] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist auch eine Tür, insbesondere eine Haustür oder Wohnungstür vorgesehen, die einen erfindungsgemäßen Türrohling umfasst oder aufweist.

[0019] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung eines Türrohlings vorgesehen. Das Verfahren sieht die folgenden Schritte vor:

Aufbauen bzw. Anordnen eines Rahmens um einen wesentlichen Umfang des Türrohlings;
Aufbauen eines Kerns des Rohlings, wobei der Kern im Wesentlichen vom Rahmen umgeben wird; und
Beschichten einer Fläche, die sich über mindestens eine Seite des Türrohlings erstreckt, mit einer strukturellen, aus einem Verbundwerkstoff, insbesondere einem faserverstärkten Verbundwerkstoff bestehenden Stabilisierungsschicht.

[0020] Im herkömmlichen Verfahren zur Herstellung eines Türrohlings werden Rahmen und Kern des Rohlings sowie Schichten oder Lagen, wie z.B. von Klebstoffen oder Decklagen, typischerweise auf einer Platte in einer Pressmaschine aufgelegt und zusammengebracht. Auf diese Art und Weise war das Aufbringen der Stabilisierungsschicht durchgehend auf die jeweiligen Seiten des Türrohlings ursprünglich vorgesehen.

[0021] Durch eine grundlegende Änderung des Herstellungsverfahrens haben die Erfinder jedoch eine neue bevorzugte Ausführungsform der Erfindung konzipiert. Gemäß dieser Ausführung der Erfindung sieht das Verfahren zur Herstellung des Türrohlings die folgenden Schritte vor:

Vorfertigen länglicher Rahmenelemente, die mit einer strukturellen, aus einem Verbundwerkstoff, insbesondere einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, bestehenden Stabilisierungsschicht auf mindestens einer Seite, bevorzugt auf mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten, versehen bzw. beschichtet sind;
Aufbauen eines Rahmens des Türrohlings durch Anordnen der vorgefertigten Rahmenelemente um einen wesentlichen Umfang des Türrohlings; und
Aufbauen eines Kerns des Rohlings, wobei der Kern im Wesentlichen von den Rahmenelementen umgeben wird. Das Verfahren sieht ebenfalls ein Zusammenbauen bzw. Vereinigen des Rahmens und des Kerns im fertigen Türrohling vor.

[0022] In dieser Ausführungsform des Verfahrens werden Rahmenelemente mit der strukturellen Stabilisierungsschicht vorgefertigt. Um diese Ausführung der Erfindung zu realisieren, wird ein zusätzliches oder getrenntes Verfahren zur Vorfertigung der Rahmenelemente gebraucht aber als Ergebnis gewinnt man ein einfacheres und flexibleres Verfahren zur Herstellung der Türrohlinge. Ferner haben aufwendige und langwierige Forschungen und Entwicklungen gezeigt, dass die Beschichtung letztlich für die Rahmen-Konstruktion ausschlaggebend ist, und dass auf eine Beschichtung des Kerns verzichtet werden kann, ohne die Vorteile und Leistung der Stabilisierungsschicht wesentlich zu beeinträchtigen.

[0023] In einer weiteren bevorzugten Ausführung der Erfindung weist der Schritt zur Vorfertigung der länglichen Rahmenelemente folgende Schritte auf:

Bereitstellen mindestens einer Lage des Verbundwerkstoffes bzw. des faserverstärkten Verbundwerkstoffes,
Anordnen mehrerer länglicher Komponenten nebenstehend oder benachbart miteinander, bevorzugt in parallel, und weiter bevorzugt axial in Reihe bzw. in einer Linie;
Aufbringen der Lage des Verbundwerkstoffes auf mindestens eine Seite, bevorzugt auf mindestens zwei gegenüberliegende Seiten, der länglichen Komponenten, um die strukturelle Stabilisierungsschicht zu bilden;

wobei die Lage bzw. Stabilisierungsschicht über die mehreren Komponenten verläuft und sie miteinander verbindet, sodass die Komponenten durch die Stabilisierungsschicht in einem länglichen Rahmenelement vereint werden.

[0024] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung sind benachbarte Enden der mehreren axial in Reihe angeordneten Komponenten in einem Abstand voneinander angeordnet und nicht direkt miteinander verbunden.

[0025] In einer weiteren bevorzugten Ausführung der Erfindung weist der Schritt zum Aufbringen der mindestens einen Lage des Verbundwerkstoffes folgenden Schritt auf:

Umwickeln oder Umhüllen der länglichen Komponenten mit der Lage bzw. den Lagen des Verbundwerkstoffes. Nach dem Umwickeln oder Umhüllen der länglichen Komponenten kann bzw. können die Lage(n) des Verbundwerkstoffes aushärten, um ein festes oder starres Rahmenelement zu verschaffen.

[0026] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung weist der Schritt weist der Schritt zur Vorfertigung der länglichen Rahmenelemente folgende weitere Schritte auf:

Auflegen bzw. Einlegen Verstärkungsstreben in einer Längsrichtung auf bzw. in die nebenstehenden oder benachbarten länglichen Komponenten, bevor die mindestens eine Lage des Verbundwerkstoffes auf die länglichen Komponenten aufgebracht wird.

[0027] Wie oben schon erwähnt, sind die länglichen Komponenten der Rahmenelemente üblicherweise Vierkantkomponenten mit einem rechteckigen Querschnitt. Nachdem die Stabilisierungsschicht ausgehärtet ist, aber bevor die Rahmenelemente zum Einsatz in einem Türrohling kommen, können die Rahmenelemente allerdings weiter verarbeitet werden und z.B. mit schrägen Verbindungsflächen und/oder mit Aussparrungen versehen, die dann später im Zusammenbau des Türrohlings und/oder der daraus entstehenden Tür zur Geltung kommen. Wenn z.B. die mit der Stabilisierungsschicht versehenen Rahmenelemente einen inneren und einen äußeren Teil besitzen, können diese innere und äußere Teile über solche Verbindungsflächen oder Aussparungen miteinander kombiniert.

[0028] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zur Vorfertigung eines länglichen Rahmenelements für einen Türrohling vorgesehen, mit den folgenden Schritten:

Anordnen mehrerer länglicher Komponenten nebenstehend oder benachbart miteinander, bevorzugt in parallel, weiter bevorzugt axial in Reihe bzw. in einer Linie; und
Aufbringen einer strukturellen, aus einem Verbundwerkstoff, insbesondere einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, bestehenden Stabilisierungsschicht auf mindestens eine Seite, bevorzugt auf mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten, der länglichen Komponenten.

[0029] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung weist der Schritt zum Aufbringen der Stabilisierungsschicht die folgenden Schritte auf:

Bereitstellen mindestens einer Lage des Verbundwerkstoffes bzw. des faserverstärkten Verbundwerkstoffes,
Umwickeln oder Umhüllen der angeordneten, länglichen Komponenten mit der mindestens einen Lage des Verbundwerkstoffes.

[0030] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung findet der Schritt des Anordnens der nebenstehenden oder benachbarten länglichen Komponenten auf der mindestens einen bereitgestellten Lage des Verbundwerkstoffes statt. Mit anderen Worten werden die länglichen Komponenten des Rahmenelements auf der noch nicht ausgehärteten Lage des Verbundwerkstoffs angeordnet. Die mindestens eine Lage des Verbundwerkstoffs wird anschließend um die länglichen Komponenten umgeschlagen bzw. umgewickelt und vorzugsweise fest mit den Komponenten zusammengepresst. Dies kann z.B. durch Pressen der Komponenten und Verbundwerkstoff in oder über eine Form geschehen. Die Lage bzw. Lagen des Verbundwerkstoffs härten dann aus, um ein festes oder starres Rahmenelement bereitzustellen.

[0031] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung verläuft die Stabilisierungsschicht über die mehreren Komponenten und verbindet sie miteinander. Die Komponenten werden dabei durch die strukturelle Stabilisierungsschicht in einem länglichen Rahmenelement vereint. In diesem Zusammenhang kann das Material der Verbundwerkstoffmatrix eine klebende Eigenschaft haben, die sich mit den Komponenten leicht binden lässt. Vorzugsweise werden die länglichen Komponenten jedes Rahmenelements nicht vorher miteinander verbunden sondern werden durch das Aushärten der Stabilisierungsschicht strukturell in einem starren länglichen Element vereint bzw. zusammengebunden.

[0032] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird die Stabilisierungsschicht mit einer Dicke bzw. Stärke von 0,5 mm bis 15 mm, bevorzugt von 1 mm bis 10 mm, weiter bevorzugt von 1 mm bis 5 mm auf den Rohling bzw. auf den Rahmen aufgebracht.

[0033] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird die Stabilisierungsschicht mit einer äußeren Decklage oder mit einem äußeren Deckblatt versehen, um ein geeignetes Aussehen des Rohlings zu produzieren.

[0034] Gemäß noch einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Rahmenelement für einen Türrohling vorgesehen. Das erfindungsgemäße Rahmenelement wird typischerweise nach dem oben beschriebenen Verfahren vorgefertigt und weist die oben, in Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Türrohling beschriebenen Merkmale auf. In einer bevorzugten Ausführung sieht die Erfindung daher ein Rahmenelement für einen Türrohling vor, das aus mehreren länglichen Komponenten besteht, welche Komponenten des Rahmenelements nebenstehend oder benachbart miteinander, bevorzugt in parallel, weiter bevorzugt axial in Reihe angeordnet sind, wobei die mehreren Komponenten des Rahmenelements mit einer strukturellen, aus einem Verbundwerkstoff bzw. einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, bestehenden Stabilisierungsschicht auf mindestens einer Seite, bevorzugt auf zwei gegenüberliegenden Seiten, versehen bzw. beschichtet sind.

[0035] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist Bausatz für einen Türrohling bzw. für eine Tür vorgesehen,

wobei der Bausatz mehrere erfindungsgemäße Rahmenelemente aufweist. Vorzugsweise umfasst der erfindungsgemäße Bausatz zudem einen Kern für den Türrohling oder mindestens eine oder mehrere Lagen, aus denen einen Kern aufgebaut werden kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0036] Die oben beschrieben Ausführungsformen sowie weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, die unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erfolgt, wobei einander funktionsgleiche oder funktionsähnliche Bauteile mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet sind. Es zeigt:

Figur 1 a bis 1 c	schematische Darstellungen des Aufbaus eines Türrohlings jeweils in Draufsicht, Endquerschnitt und Seitenquerschnitt gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;
Figur 2a bis 2c	schematische Darstellungen des Aufbaus eines Türrohlings jeweils in Draufsicht, Endquerschnitt und Seitenquerschnitt gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung;
Figur 3a bis 3c	Darstellungen des Aufbaus eines Türrohlings jeweils in Draufsicht, Endquerschnitt in Richtung der Pfeile "b-b" und Seitenquerschnitt in Richtung der Pfeile "c-c" gemäß einem weiteren, bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung; und
Figur 4	detaillierte Querschnitt-Darstellung des Aufbaus des Rahmens des Türrohlings in dem Bereich "SS" gezeigt in Figur 3b.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0037] Die Figuren 1a bis 1c zeigen rein schematisch ein Ausführungsbeispiel eines Türrohlings 1 zum Montieren an einer Türöffnung. Der Türrohling 1 hat eine im Allgemeinen rechteckige Form und weist einen Rahmen 2 auf, der sich um einen wesentlichen Umfang des Rohlings 1 erstreckt. Ferner weist der Türrohling 1 einen Kern 3 auf, der von dem rechteckigen Rahmen 2 umgeben ist.

[0038] Der Rahmen 2 beinhaltet mehrere längliche Elemente 4-7, die miteinander verbunden sind und zusammen den Rahmen 2 bilden. Die längeren, sich vertikal erstreckenden Elemente 4, 6 an den lateralen Rändern des Rohlings 1 nehmen in Einsatz an einer Türöffnung tatsächlich eine im Wesentlichen vertikale Haltung an. Das etwas breitere Element 6 von den beiden vertikalen Elementen 4, 6 ist insbesondere für die Montage eines Scharniers geeignet. Während des Montierens der Türrohling 1 an einer Türöffnung wird somit ein Scharnier (nicht gezeigt) an das Element 6 des Rahmens 2 angebracht und an einen nebenstehenden Türpfosten (nicht gezeigt) fixiert. Die kürzeren, sich horizontal erstreckenden Elemente 5, 7 an dem oberen bzw. unteren Rand des Rohlings 1 nehmen in Einsatz tatsächlich eine im Wesentlichen horizontale Haltung an. In diesem Ausführungsbeispiel bestehen die länglichen Elemente 4-7 des Rahmens 2 entweder aus Holz, wie z.B. Fichte, Kiefer, Lärche, Meranti 450 plus, Eiche, Buche oder Ahorn usw., oder aus einem synthetischen Holzersatz, wie z.B. Polyurethan, Baydur®.

[0039] Die Maße des Rahmens 2 können je nach Verwendung entsprechend angepasst werden. In diesem Beispiel haben die vertikalen Elemente 4, 6 eine Länge von etwa 2000 mm bis 2200 mm und eine Dicke (quer der Ebene der Zeichnung) von etwa 40 mm bis 80 mm, bevorzugt von 65 mm bis 75 mm. Die Breite des Elements 6 (in der Ebene der Zeichnung) ist ungefähr doppelt so groß wie die Breite des Elements 4 und beträgt in diesem Fall etwa 160 mm. Die horizontalen Elemente 5, 7 haben eine Länge von etwa 700 mm bis 900 mm, eine Dicke (quer der Zeichnungsebene) von etwa 40 mm bis 80 mm, bevorzugt von 65 mm bis 75 mm, und eine Breite (in der Zeichnungsebene) von etwa 30 mm bis 50 mm, bevorzugt 35 mm bis 45 mm.

[0040] Wie der Rahmen 2, hat der Kern 3 des Türrohlings 1 eine ebenso rechteckige Form und er ist umgeben von und verbunden mit den länglichen Elementen 4-7. Der Kern 3 des Rohlings kann einen einlagigen oder mehrlagigen Aufbau haben und der genaue Aufbau des Kerns 3 wird normalerweise für bestimmte Anforderungen wie Gewicht, thermische Dämmung und akustische Dämmung ausgewählt und optimiert.

[0041] Zum Beispiel kann der Kern 3 aus drei Lagen bestehen, von denen die äußeren Lagen aus Grobspan- (OSB-) oder Sperrholzplatten mit einer Dicke bzw. Stärke im Bereich von 5 mm bis 15 mm, bevorzugt im Bereich von 8 mm bis 12 mm sind, und die mittlere Lage aus z.B. Polyurethan mit einer Dicke bzw. Stärke im Bereich von 30 mm bis 60 mm, bevorzugt im Bereich von 40 mm bis 50 mm ist. In einem anderen Beispiel weist der Kern 3 eine einzige Lage 31 auf, die aus einem expandierten Polystyrol-Hartschaumstoff (EPS) besteht und eine Dicke bzw. Stärke im Bereich von 45 mm bis 75 mm, bevorzugt im Bereich von 55 mm bis 65 mm hat.

[0042] Mit Bezug wieder auf die Figuren 1a bis 1c weist der Türrohling 1 auf jeder seiner beiden gegenüber liegenden

Seiten (d.h. auf der Innenseite und auf der Außenseite) eine Lage oder Schicht 8 auf, die aus glasfaserverstärktem Kunststoff besteht. Jede dieser beiden Schichten 8 bedeckt die ganze Seite des Türrohlings 1, nämlich die ganze äußere Fläche des Kerns 3 und der Rahmenelemente 4-7 auf der jeweiligen Seite des Rohlings. Jede der Schichten 8 bildet dabei eine strukturelle Lage, die der Konstruktion des Rohlings 1 Festigkeit und Stabilität verleiht, sodass nur wenige oder auch sogar keine Verstärkung durch einen Stahlrahmen oder durch Holz- oder Stahlstreben im Kern 3 des Rohlings 1 nötig ist. Vorzugsweise haben die glasfaserverstärkten Schichten 8 haben eine Dicke bzw. Stärke von 1 mm bis 5 mm und bilden damit Stabilisierungsschichten auf den gegenüberliegenden Seiten des Türrohlings 1. Ferner hat jede Stabilisierungsschicht 8 den Vorteil, dass sie im Wesentlichen wasserdicht und nicht wasserdampfdurchlässig ist, sodass wetterbedingte Feuchtigkeit an einer aus dem Rohling 1 gebauten Haustür die strukturelle Integrität der Tür nicht beeinflussen soll. Es ist jedoch zu bemerken, dass die Schichten 8 nicht die ganze Seite des Rohlings 1 bedecken müssen, um die Vorteile der Festigkeit und Stabilität hervorzurufen. Allein der Rahmen 2 mit seinen Rahmenelementen 4-7 profitiert von dieser strukturellen Stabilisierungsschicht 8; so dass die Stabilisierungsschicht 8 auf die Rahmenelemente auf Schlossseite, Bandseite, unten und oben beschränkt sein kann. Dies ist wichtig für Türen, bei denen Ausschnitte innerhalb des Kerns eingebracht werden, denn die Rahmenkonstruktion muss alle auftretenden Kräfte übernehmen bzw. aufnehmen.

[0043] Die Figuren 2a bis 2c zeigen schematisch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Rohlings 1, in dem der Rahmen 2 einen etwas unterschiedlichen Aufbau hat. In diesem Fall weisen die vertikalen Elemente 4, 6 des Rahmens 2 mehrere längliche Bauteile oder Komponenten auf. Nämlich weist jedes der beiden vertikalen Elemente 4, 6 zwei Komponenten 41, 42 bzw. 61, 62 auf, die parallel zueinander verlaufen und miteinander verbunden sind. Diese Komponenten 41, 42 bzw. 61, 62 der Rahmenelemente 4, 6 bestehen aus verschiedenen Materialien. Die äußeren Komponenten 41, 61 sind z.B. aus Holz, wie Fichte, Kiefer, Lärche, Meranti, Eiche, Buche oder Ahorn. Die inneren Komponenten 42, 62 sind z.B. aus einem synthetischen Material, wie Polyurethan, Baydur®.

[0044] Die äußeren Komponenten 41, 61 sind auch etwas länger als die inneren Komponenten 42, 62, so dass die Enden mindestens eines der horizontalen Elemente 5, 7 in Ausnehmungen eingesetzt werden können. Die Maße der Rahmenelemente 4-7 in diesem Ausführungsbeispiel bleiben ansonsten unverändert gegenüber denen aus dem Beispiel der Figuren 1a bis 1c. Der Türrohling 1 in den Figuren 2a bis 2c ist auf einer Seite mit einer Stabilisierungsschicht 8 aus glasfaserverstärktem Kunststoff versehen wie im ersten Ausführungsbeispiel.

[0045] Mit Bezug nun auf die Figuren 3a bis 3c sowie die Figur 4 wird ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben. Dieses Ausführungsbeispiel zeigt wieder einen erfindungsgemäßen Türrohling 1 mit einem Rahmen 2, der sich um einen wesentlichen Umfang des Rohlings 1 herum erstreckt, und einem Kern 3, der vom Rahmen 2 umgeben ist. Wieder in diesem Ausführungsbeispiel umfasst der Rahmen 2 mehrere längliche Elemente 4-7, aus denen er aufgebaut wird. In diesem Beispiel haben jedoch die Rahmenelemente 4-7 mehr oder weniger den gleichen Aufbau. Die Elemente 4, 6, die sich vertikal erstrecken, sind natürlich länger als die sich horizontal erstreckenden Elemente 5, 7 aber es gibt keinen wesentlichen Unterschied im Aufbau. Wichtig ist aber, dass sich der Rahmen 2 in diesem Ausführungsbeispiel deutlich von den anderen unterscheidet.

[0046] Genauer gesagt hat der Rahmen 2 in diesem Ausführungsbeispiel einen inneren, statisch tragenden Teil 21 und einem äußeren, sichtbaren Teil 22. In Figur 3b ist der äußere Rahmenteil 22 mit gestrichelten Linien gezeigt, um ihn vom inneren Rahmenteil 21 deutlich unterscheiden zu können. Der äußere Rahmenteil 22 bildet den äußersten Rand des Rahmens 2 und ist zur Verwendung in notwendigen Bearbeitungen, wie Falzbearbeitungen, Beschläge, usw.. Der innere Rahmenteil 21 im Gegensatz ist für die strukturelle Integrität und Steifheit des Türrohlings entscheidend. Die länglichen Rahmenelemente 4-7 zusammen bilden mindestens den inneren, statisch tragenden Teil 21 des Rahmens 2 aber womöglich auch den gesamten Rahmen 2.

[0047] Jedes Rahmenelement 4-7 umfasst mehrere längliche Bauteile bzw. Komponenten 41, 51, 61, 71, welche nebenstehend und axial in Reihe angeordnet sind. Mit anderen Worten, die sich vertikal verlaufenden Rahmenelement 4, 6 umfassen jeweils mehrere längliche, axial in Reihe angeordnete Bauteile bzw. Komponenten 41, 61 und die sich horizontal verlaufenden Rahmenelement 5, 7 umfassen jeweils mehrere längliche, in Reihe angeordnete Bauteile bzw. Komponenten 51, 71. Die einzelnen Bauteile bzw. Komponenten 41, 51, 61, 71 sind alle vorzugsweise aus selbem Material, wie z.B. aus Holz, einem holzhaltigem Stoff oder einem synthetischen Material, wie Polyurethan, Baydur®.

[0048] Benachbarte Enden 43, 53, 63, 73 der mehreren länglichen Komponenten 41-71 haben gegenüberstehende Stirnseiten die nicht miteinander verbunden sind. Vielmehr stehen diese Stirnseiten in einem Abstand von einander und sind getrennt durch einen kleinen Spalt S, der vorzugsweise eine Abmessung von etwa 2% der Länge der jeweiligen benachbarten Komponenten 41-71 aufweist. In diesem Beispiel haben die einzelnen Komponenten 41-71 eine Länge von etwa 50mm, sodass der Spalt S zwischen den jeweiligen benachbarten Bauteilen bzw. Komponenten etwa 1 mm beträgt.

[0049] Wie der Figuren 3b und 3c zu entnehmen ist, sind die einzelnen Komponenten 41-71 der einzelnen Rahmenelemente 4-7 mit einer Stabilisierungsschicht 8 aus glasfaserverstärktem Kunststoff versehen bzw. beschichtet, und zwar auf den gegenüberliegenden Seiten des Türrohlings 1 (d.h. sowohl auf der Innenseite als auch auf der Außenseite). Aus der Figur 4 lässt sich diese Stabilisierungsschicht 8 jedoch viel deutlicher erkennen.

[0050] Die aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GvK) bestehende Stabilisierungsschicht 8 liegt hier über den länglichen Komponenten 41-71 aber unter einer Decklage bzw. einem Deckblatt 9 welches auf beide Innen- und Außenseiten des Türrohlings 1 aufgebracht wurde. In diesem Ausführungsform, welche für Türen mit besonderer Belastung sehr vorteilhaft sein kann, hat die GvK-Stabilisierungsschicht 8 einen mehrlagigen Aufbau. Der GvK ist in zwei Lagen 81, 83 unterteilt. Die erste innere Lage 81 wurde direkt auf die Komponenten 41-71 aufgebracht und danach eine Zwischenlage 82 als Abstandhalter. Als dritte, äußere Lage 83 wurde der GvK nochmals vollflächig aufgebracht, um die Rahmenelemente 4-7 noch mehr zu stabilisieren 2. Diese Konstruktion der Rahmenelemente 4-7 bzw. des Rahmens 2 wirkt hier statisch zusätzlich wie ein doppel-T-Träger. Der Aufbau der Stabilisierungsschicht 8 ist symmetrisch zum Rohling angebracht, also auf der Innen und Außenseite.

[0051] Zusätzliche können auch Verstärkungsstäbe V eingebracht werden. Diese bevorzugten Verstärkungsstäbe V sind in gestrichelten Linien in den Figuren 3b und 4 gezeigt. In diesem Beispiel bestehen sie aus extrudierten Glasfaserprofilen aber die Stäbe V können ebenfalls aus Aluminium oder Stahl (z.B. St 37) sein. Diese Stäbe V werden auf die äußere Seite bzw. in eine Nut der Komponenten 41-71 aufgelegt bzw. eingelegt, bevor die Stabilisierungsschicht 8 gefertigt wird. Die einzelnen Stäbe V erstrecken sich über fast die gesamte Länge der Rahmenelemente 4-7 und zusammen mit der Stabilisierungsschicht 8 bleiben schließlich unsichtbar unter den Deckblättern 9.

[0052] Das Material für den statisch tragenden Teil 21 des Rahmens 2 besteht beispielsweise aus Holz und/oder holzhaltigen Werkstoffen. Damit beim natürlichen Quellen und Schwinden von Holzwerkstoffen keine zusätzlichen Spannungen entstehen können, werden die Rahmenelemente 4-7 in die einzelnen Komponenten 41-71 unterteilt. Somit kann jede Komponente 41-71 von den Rahmenelementen 41-71 für sich Bewegungen ausführen, und keine oder nur sehr geringe Spannungen in der gesamten Konstruktion erzeugen.

[0053] Der äußere sichtbare Rahmenteil 22 schließt an den statisch tragenden Rahmen an. Dieser Bereich liegt zwischen den beiden Deckblättern 9 und deckt den statisch tragenden Teil 21 des Rahmens nach außen ab. Die Breite vom sichtbaren Rahmenbereich kann variieren und wird an die Anforderungen von Türblatt und Anwendung angepasst.

Patentansprüche

1. Türrohling (1) mit
einem Rahmen (2), der sich um einen wesentlichen Umfang des Türrohlings herum erstreckt, und
einem Kern (3), der im Wesentlichen vom Rahmen (2) umgeben ist,
gekennzeichnet durch eine strukturelle, aus einem Verbundwerkstoff, insbesondere einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, bestehende Stabilisierungsschicht (8), mit der mindestens eine Seite des Türrohlings versehen bzw. beschichtet ist.

2. Türrohling (1) nach Anspruch 1, wobei der Rahmen (2) mit der strukturellen, aus einem Verbundwerkstoff bzw. einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, bestehenden Stabilisierungsschicht (8) auf mindestens einer Seite, bevorzugt auf zwei gegenüberliegenden Seiten, versehen bzw. beschichtet ist.

3. Türrohling (1) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei der Rahmen (2) längliche Elemente (4-7) beinhaltet, die sich um den Kern (3) herum erstrecken und damit den Umfang des Türrohlings im Wesentlichen definieren, und wobei die länglichen Elemente (4-7) mit der strukturellen, aus einem Verbundwerkstoff bzw. einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, bestehenden Stabilisierungsschicht (8) auf mindestens einer Seite, bevorzugt auf zwei gegenüberliegenden Seiten, versehen bzw. beschichtet sind.

4. Türrohling (1) nach Anspruch 3, wobei mindestens eines der länglichen Rahmenelemente (4-7) mehrere längliche Komponenten (41, 42; 61, 62) umfasst,
wobei die mehreren Komponenten (41, 42; 61, 62) des mindestens einen Rahmenelements (4-7) mit der strukturellen Stabilisierungsschicht (8) versehen bzw. beschichtet sind und miteinander verbunden sind.

5. Türrohling (1) nach Anspruch 4, wobei die mehreren Komponenten (41, 42; 61, 62) des mindestens einen Rahmenelements (4-7) parallel verlaufen, und wobei die Komponenten nebeneinander oder alternativ axial in einer Linie angeordnet sind und durch die Stabilisierungsschicht (8) miteinander verbunden sind.

6. Türrohling (1) nach Anspruch 5, wobei benachbarte Enden (43-73) der mehreren länglichen Komponenten (41-71) des mindestens einen Rahmenelements (4-7) in einem Abstand voneinander z.B. durch einen Spalt (S) angeordnet sind und vorzugsweise nicht direkt miteinander verbunden sind.

7. Türrohling (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Stabilisierungsschicht (8) aus mehreren Lagen

(81-83) besteht, bevorzugt aus mehreren Lagen (81, 83) des faserverstärkten Verbundwerkstoffs, und wobei die mehreren Lagen des faserverstärkten Verbundwerkstoffs durch mindestens eine Zwischenlage (82) in einem Abstand voneinander verlaufen.

8. Türrohling (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Stabilisierungsschicht (8) eine Dicke bzw. eine Stärke im Bereich von 1 mm bis 10 mm, und bevorzugt im Bereich von 1 mm bis 5 mm besitzt.

9. Türrohling (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Stabilisierungsschicht (8) sowohl den Rahmen (2) als auch den Kern (3) auf der mindestens einen Seite des Rohlings beschichtet oder bedeckt, oder wobei die Stabilisierungsschicht (8) lediglich den Rahmen (2) und nicht den Kern (3) auf der mindestens einen Seite des Rohlings beschichtet oder bedeckt.

10. Türrohling (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Türrohling eine äußere Decklage aufweist; und/oder wobei die Rahmenelemente (4-7) aus mindestens einem von Holz und Polyurethan bestehen.

11. Türrohling (1) mit
einem Rahmen (2), der sich um einen wesentlichen Umfang des Türrohlings herum erstreckt, und
einem Kern (3), der im Wesentlichen vom Rahmen (2) umgeben ist,
gekennzeichnet durch eine strukturelle, aus einem Verbundwerkstoff, insbesondere einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, bestehende Stabilisierungsschicht (8), die den Rahmen auf mindestens einer Seite des Türrohlings beschichtet.

12. Verfahren zur Herstellung eines Türrohlings (1), mit den folgenden Schritten:

Vorfertigen länglicher Rahmenelemente (4-7), die mit einer strukturellen, aus einem Verbundwerkstoff, insbesondere einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, bestehenden Stabilisierungsschicht (8) auf mindestens einer Seite, bevorzugt auf mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten, versehen bzw. beschichtet sind;
Aufbauen eines Rahmens (2) des Türrohlings (1) durch Anordnen der vorgefertigten Rahmenelemente (4-7) um einen wesentlichen Umfang des Türrohlings; und
Aufbauen eines Kerns (3) des Rohlings, wobei der Kern (3) im Wesentlichen von den Rahmenelementen (4-7) umgeben ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Schritt zum Vorfertigen länglicher Rahmenelemente (4-7) folgende Schritte aufweist:

Anordnen mehrerer länglicher Komponenten (41, 42; 61, 62) nebenstehend oder benachbart miteinander, bevorzugt in parallel, weiter bevorzugt axial in Reihe bzw. in einer Linie;
Aufbringen der strukturellen, aus einem Verbundwerkstoff, insbesondere einem faserverstärkten Verbundwerkstoff, bestehenden Stabilisierungsschicht (8) auf mindestens eine Seite, bevorzugt auf mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten, der länglichen Komponenten (41, 42; 61, 62),

wobei die Stabilisierungsschicht (8) über die mehreren Komponenten verläuft und sie miteinander verbindet, sodass die Komponenten und die strukturelle Stabilisierungsschicht (8) in einem länglichen Rahmenelement (4-7) vereint sind.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei benachbarte Enden der mehreren axial in Reihe angeordneten Komponenten (41; 61) z.B. durch einen Spalt (S) in einem Abstand voneinander angeordnet sind und vorzugsweise nicht direkt miteinander verbunden sind.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, wobei gegenüber stehende Stirnseiten der benachbarten Enden (43-73) der Komponenten (41-71) nicht direkt miteinander verbunden und vorzugsweise durch einen Spalt (S) voneinander getrennt sind.

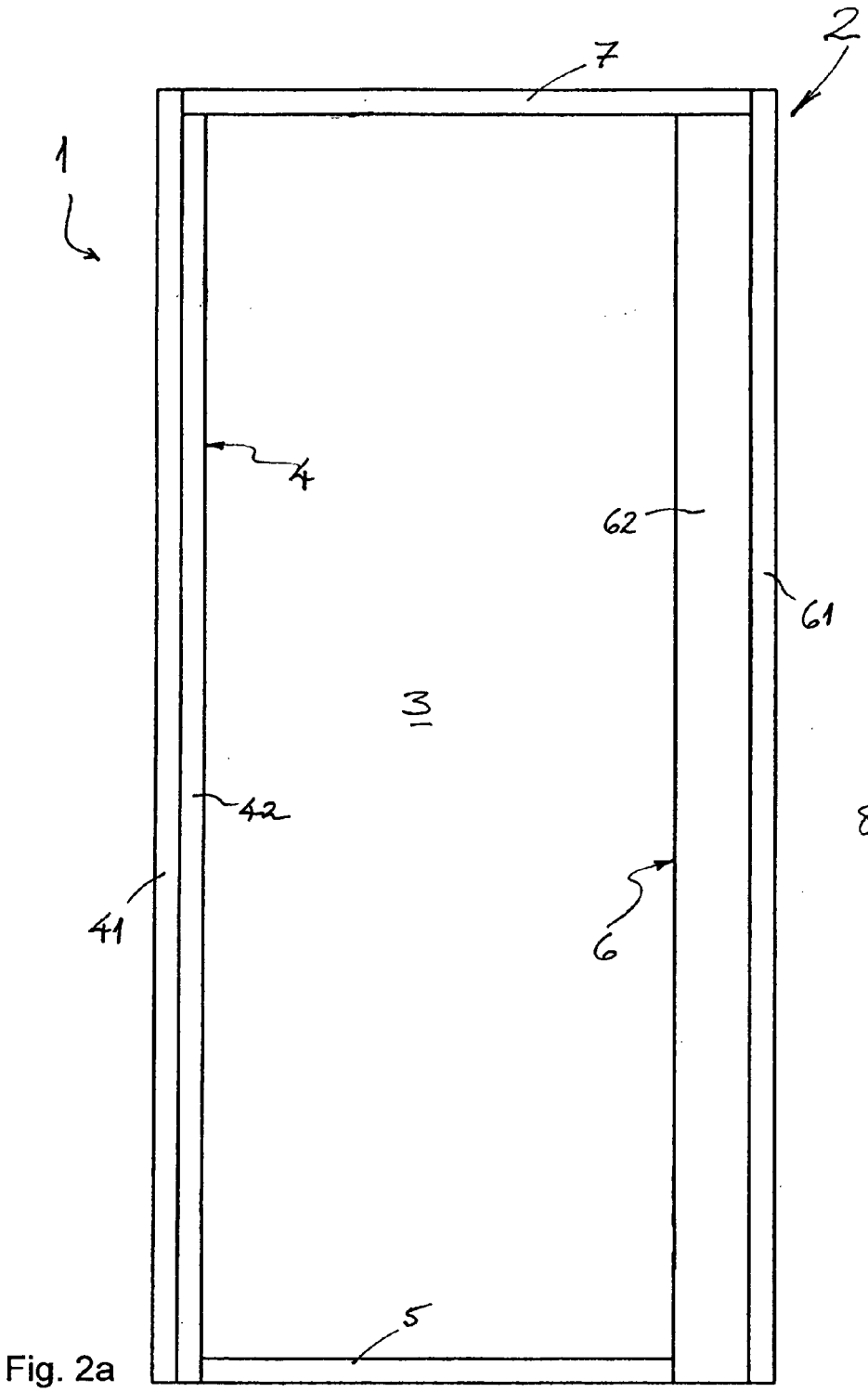


Fig. 2a

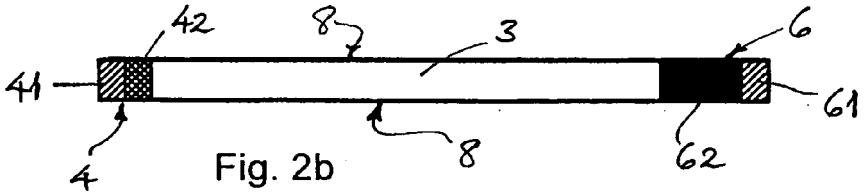


Fig. 2b

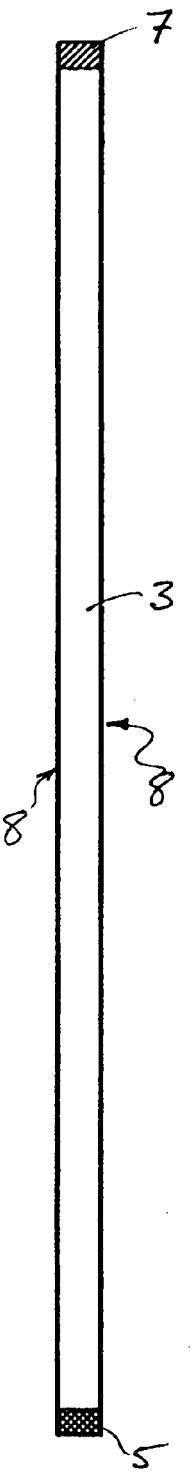


Fig. 2c

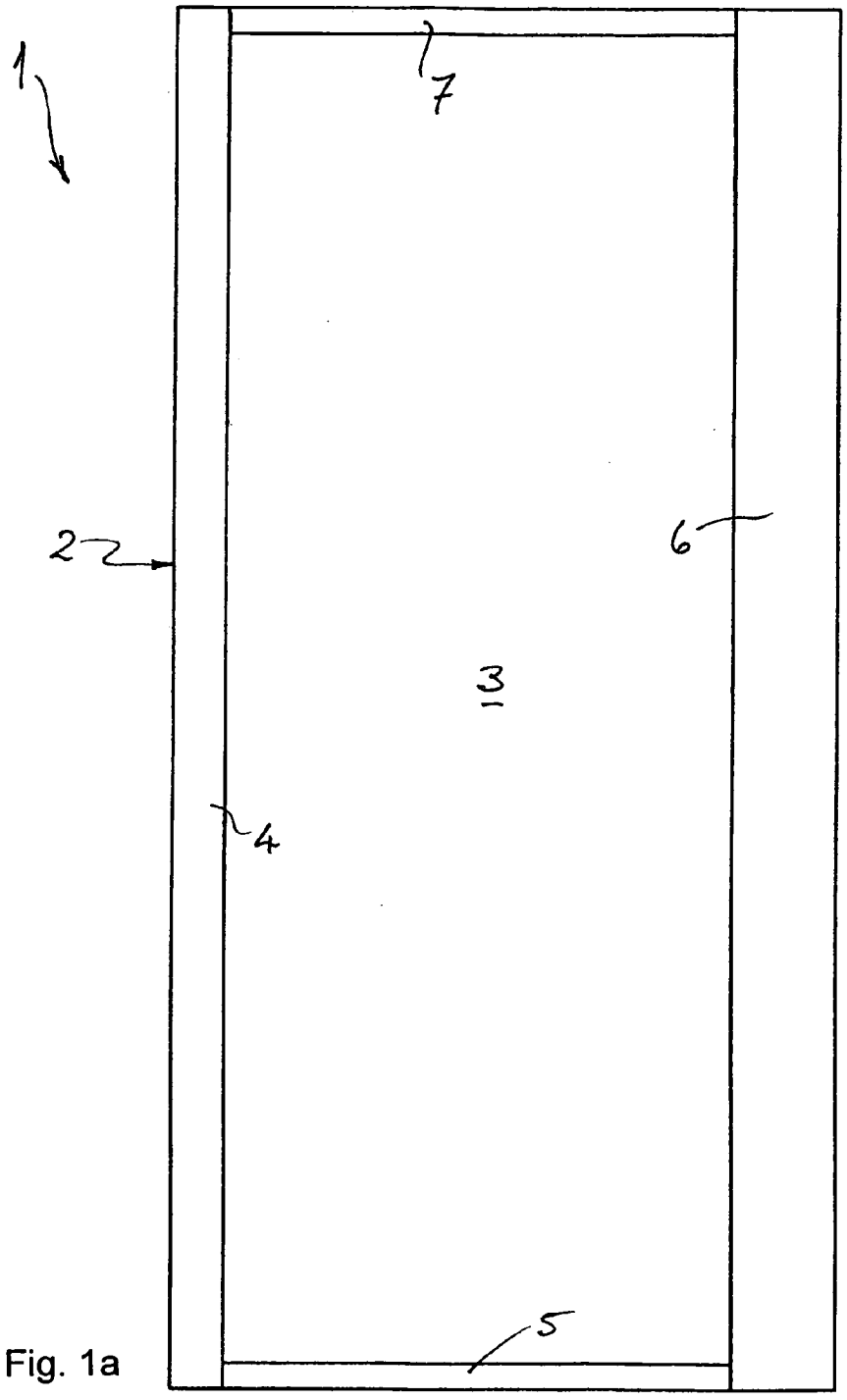


Fig. 1a

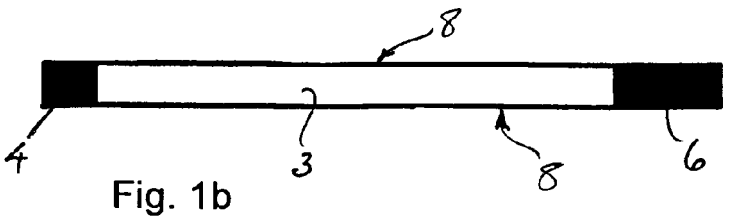


Fig. 1b

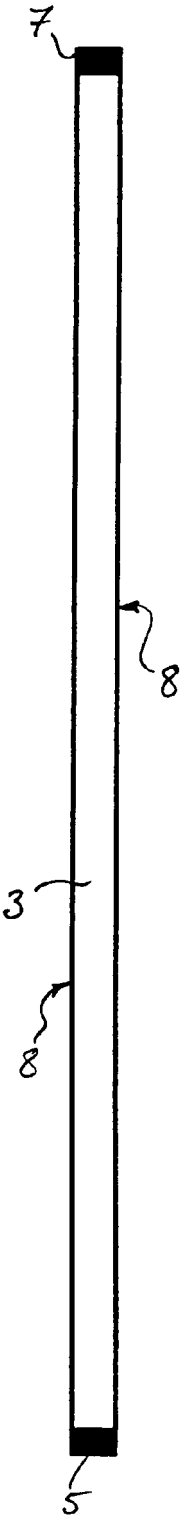
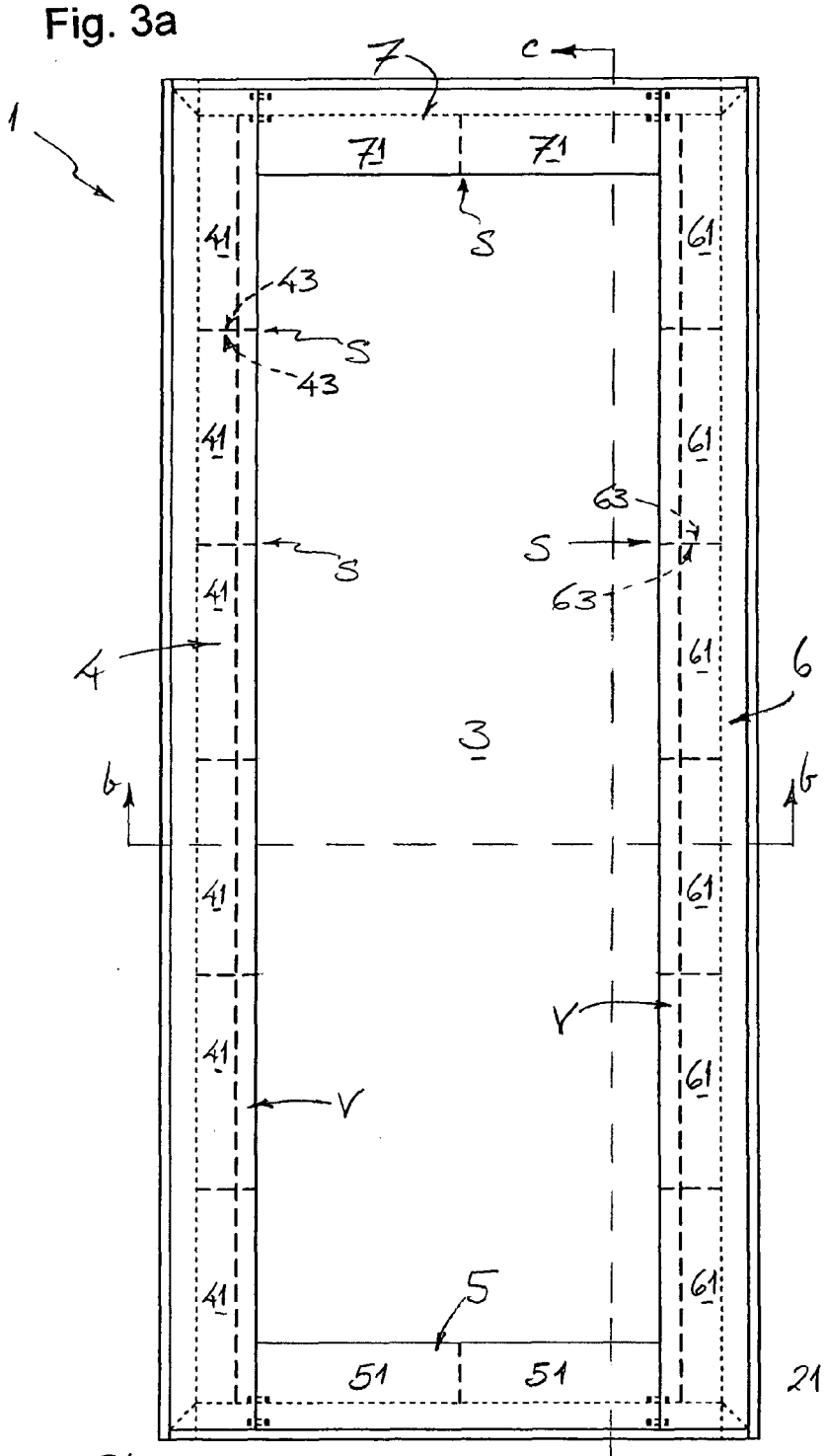


Fig. 1c

Fig. 3a



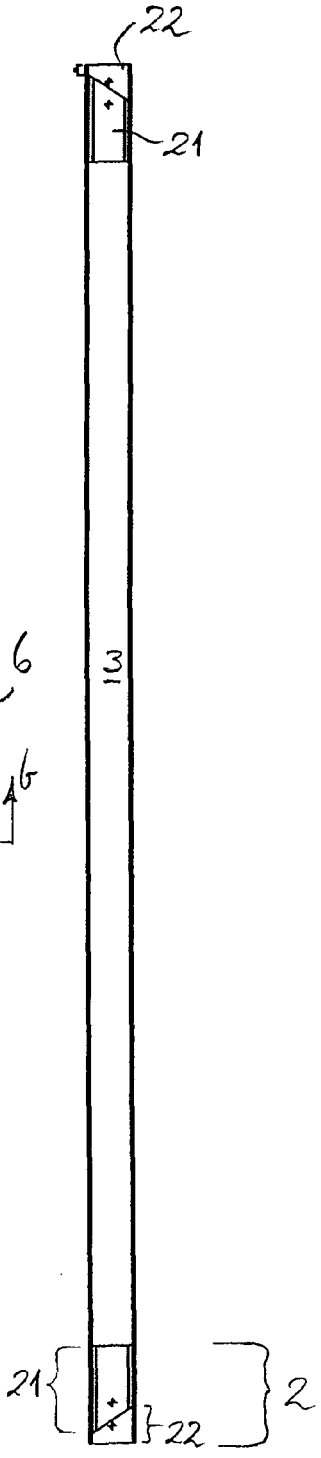


Fig. 3c

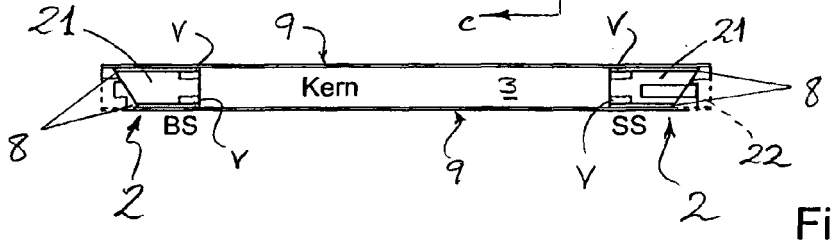


Fig. 3b

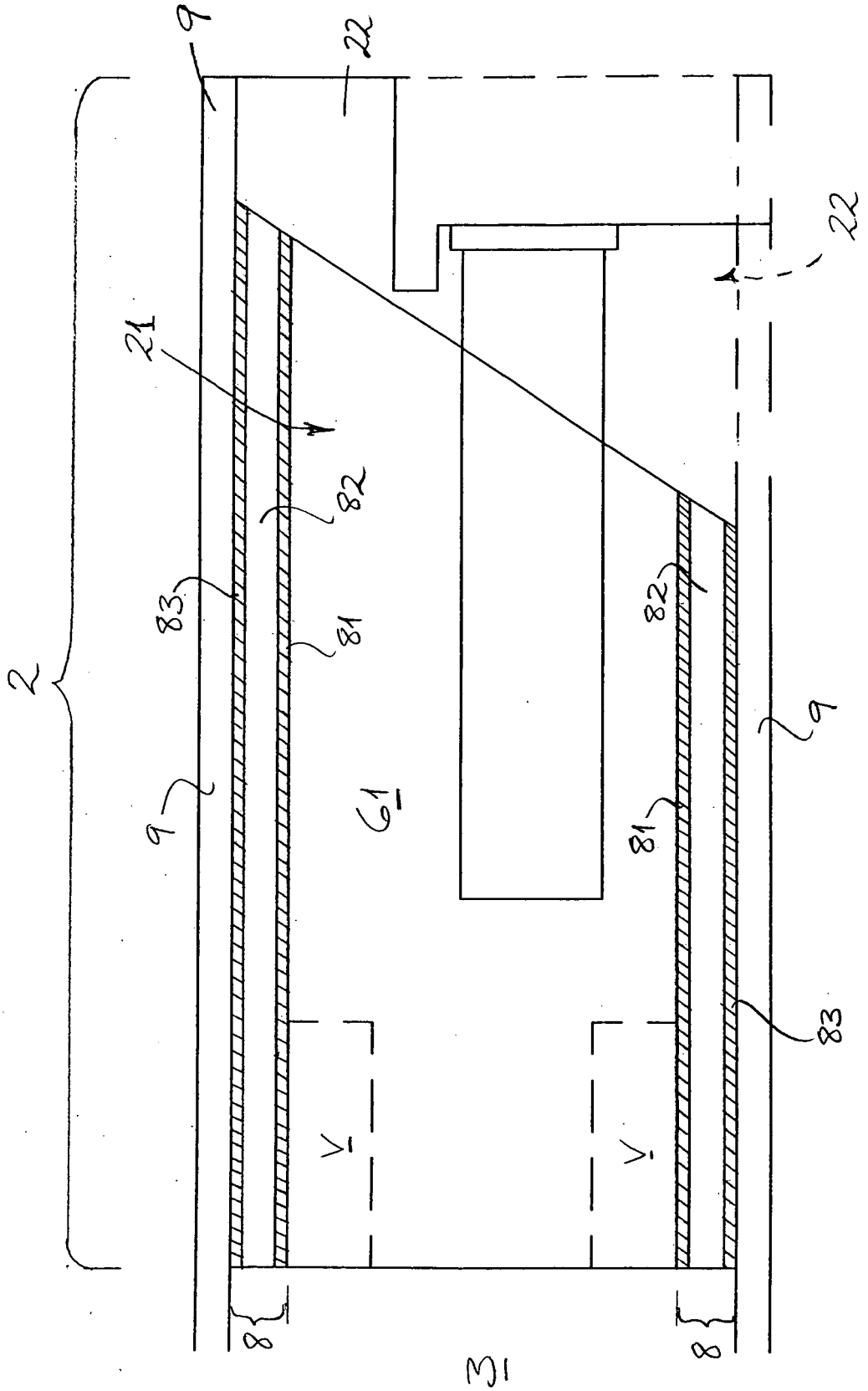


Fig. 4