



(10) **DE 10 2016 008 125 A1** 2018.01.11

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 008 125.2**
(22) Anmeldetag: **05.07.2016**
(43) Offenlegungstag: **11.01.2018**

(51) Int Cl.: **B29C 33/26 (2006.01)**
B22C 21/08 (2006.01)

(71) Anmelder:
Senvion GmbH, 22297 Hamburg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	101 52 392	C1
DE	10 2010 049 502	A1

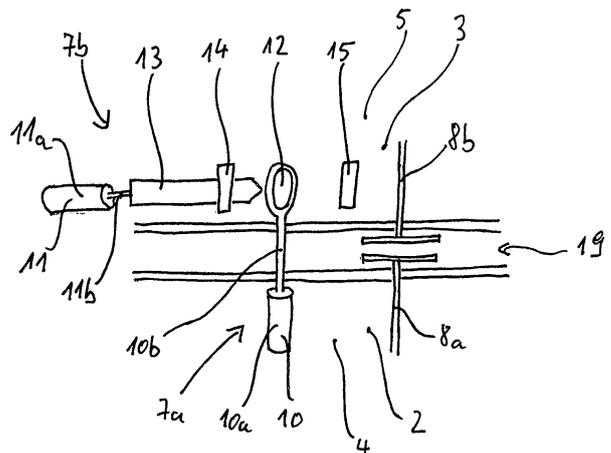
(72) Erfinder:
Bendel, Urs, 24787 Fockbek, DE

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Herstellungsforn eines Rotorblattes**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Herstellungsforn (1) für ein Rotorblatt einer Windenergieanlage mit zwei Formhalbschalen (4, 5) mit jeweils einer offenen Seite und die jeweils in einer Halteeinrichtung angeordnet sind, wobei die beiden Halteeinrichtungen (2, 3) gelenkig miteinander verbunden sind und von einer geöffneten Position, in der die beiden Formhalbschalen (4, 5) mit ihrer offenen Seite nach oben weisend nebeneinander angeordnet sind, in eine geschlossene Position, in der die beiden Formhalbschalen (4, 5) mit ihrer offenen Seite zueinander weisend übereinander angeordnet sind, hin und her klappbar sind, gekennzeichnet durch eine Mehrzahl an zweikomponentigen Verschlüssen (7), deren eine Komponente (7a) an der einen Halteeinrichtung (2) und deren andere Komponente (7b) an der anderen Halteeinrichtung (3) angeordnet ist und dadurch, dass die beiden Komponenten (7a, 7b) mittels wenigstens eines Aktuators (10, 11) miteinander durch wenigstens zwei voneinander entkoppelte Bewegungen der Komponente (7a) bzw. der beiden Komponenten (7a, 7b) verschließbar und wieder offenbar sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Herstellungsform für ein Rotorblatt einer Windenergieanlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Herstellungsformen für Rotorblätter von Windenergieanlagen sind im Stand der Technik natürlich hinlänglich bekannt.

[0003] Dabei werden gemäß der WO 2010/076605 A1 zwei Formhalbschalen, die auf Gerüsten montiert sind, gegeneinander verschwenkt, bis Ränder der Formhalbschalen übereinander positioniert sind und in jeder der beiden Formhalbschalen ist eine Rotorblatthalbschale eingelegt. Zwischen den Rotorblatthalbschalen wird auf dem Rand der unteren Rotorblatthalbschale eine Klebmasse aufgebracht. Die beiden Formhalbschalen werden mittels eines angetriebenen Hakens ineinander verhakt, dabei führt der Haken eine kombinierte Dreh- und translatorische Bewegung aus, wobei die beiden Bewegungen miteinander unmittelbar gekoppelt sind.

[0004] In der WO 2010/103490 A1 ist ein Schließmechanismus für die beiden Formhalbschalen einer Herstellungsform beschrieben, wobei der Verschluss ebenfalls auf einem Hakenmechanismus basiert. Der Haken wiederum ist an einem Zylinder angeordnet, der eine translatorische Bewegung ausführt, sodass der Haken selber eine kombinierte translatorische und Drehbewegung durchführt, wobei beide Bewegungen voneinander nicht entkoppelt sind. Nachteilig an den beiden beschriebenen Verschlussmechanismen der Herstellungsform ist, dass die beiden Verschlusskomponenten ziemlich genau zueinander positioniert werden müssen, damit der Stift sich in der eindimensionalen Bewegungslinie des Hakens befindet.

[0005] Es ist daher in einem ersten Aspekt Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Herstellungsform der eingangs genannten Art mit einem anderen Verschluss zu versehen, der die oben genannten Nachteile vermeidet.

[0006] Es ist in einem zweiten Aspekt Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, durch das eine Herstellungsform eines Rotorblatts einer Windenergieanlage besser verschlossen werden kann.

[0007] In dem ersten Aspekt wird die Aufgabe durch eine Herstellungsform mit dem Merkmal des Anspruchs 1 gelöst.

[0008] Die Herstellungsform ist zur Herstellung eines Rotorblattes einer Windenergieanlage bestimmt, wobei das Rotorblatt ein Laminatbauteil ist, das zumindest aus zwei Rotorblatthalbschalen aufgebaut

ist und jede der Rotorblatthalbschalen in einem Laminierverfahren hergestellt ist, wobei Gewebelagen aus textilem Gewebe und/oder Kunststoffgewebe, mit beispielsweise Kohlefasern, die in bestimmten Richtungen ausgerichtet sind, übereinander gelegt werden. Dabei können zusätzlich Schaumstoffkerne und/oder Balsa verwendet werden. Diese übereinandergelegten Schichten werden anschließend in einem Infusionsverfahren mit einem Harzsystem infundiert, wobei der Begriff der „Infusion“ hier allgemein zu verstehen ist und es nicht auf die konkrete Ausgestaltung des Infusionsverfahrens ankommt. Es können aber auch andere Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus Faserverbundwerkstoffen zum Einsatz kommen.

[0009] Die Herstellungsform umfasst zwei Formhalbschalen mit jeweils einer offenen Seite, wobei jede der Formhalbschalen auf einer Halteeinrichtung angeordnet ist. Die eine Formhalbschale ist auf der einen Halteeinrichtung, die andere Formhalbschale auf der anderen Halteeinrichtung angeordnet. Die beiden Halteeinrichtungen können gelenkig miteinander verbunden sein. Sie sind zwischen einer geöffneten Stellung, in der die beiden Formhalbschalen mit ihrer offenen Seite nach oben weisen, nebeneinander angeordnet und einer geschlossenen Stellung, in der die beiden Formhalbschalen mit ihrer offenen Seite zueinanderweisend übereinander angeordnet sind, hin und her bewegbar. Die Angaben „oben“ und „unten“ sind hier unter Bezugnahme auf die Erdanziehungskraft zu verstehen.

[0010] Erfindungsgemäß weist die Herstellungsform eine Mehrzahl, d. h. wenigstens zwei, drei, vier oder jede höhere Anzahl an zweikomponentigen Verschlüssen auf, deren eine Komponente an der einen Halteeinrichtung und deren andere Komponente an der anderen Halteeinrichtung angeordnet ist. Dabei sind die Komponenten fest an den Halteeinrichtungen montiert, sodass sie auch hohen Belastungen Stand halten können.

[0011] Die beiden Komponenten sind vorzugsweise automatisch und mittels wenigstens eines Aktuators miteinander durch wenigstens zwei voneinander entkoppelte Bewegungen einer Komponente bzw. der beiden Komponenten verschließbar und wieder öffnbar. Die Komponenten sind automatisch betätigbar, d. h. sie brauchen nicht manuell betätigt zu werden. Der Verschluss wird von außen elektronisch, pneumatisch, hydraulisch usw. gesteuert, wobei einzelne Schritte des Verschließvorganges für sich separat gesteuert werden können.

[0012] Jeder der Verschlüsse weist wenigstens einen Aktuator auf. Die Verschlüsse können auch zwei oder jede höhere Anzahl an Aktuatoren aufweisen. Günstigerweise weist der Verschluss genau einen Aktuator auf. In einer anderen Ausführungsform der

Erfindung weist die eine Komponente des Verschlusses genau einen Aktuator und die andere Komponente des Verschlusses genau einen anderen Aktuator auf. Die beiden Aktuatoren sind voneinander beabstandet und vorzugsweise separat steuerbar.

[0013] Die wenigstens zwei Bewegungen der Komponenten bzw. der Komponente sind entkoppelt. Sie sind unabhängig voneinander. Jeder der Verschlüsse hat daher insbesondere zwei Freiheitsgrade.

[0014] Es ist daher durchaus möglich, dass eine Bewegung der einen Komponente nur ein kurzes Stück weit ausgeführt wird, dann durch ein kurzes Stück einer Bewegung der anderen Komponente ergänzt wird und dann wieder die erste Bewegung ein weiteres Stück weit ausgeführt wird.

[0015] Vorzugsweise weist die eine Komponente eine Öse auf, die von einem Aktuator angetrieben ist und die andere Komponente weist einen Bolzen auf, der über einen anderen Aktuator angetrieben ist und in einem geschlossenen Zustand in die Öse eingeführt ist und im geöffneten Zustand aus der Öse herausgezogen ist. Vorzugsweise ist der Bolzen in eine ersten Halterung geführt und berührt im geöffneten Zustand nur die erste Halterung, während er im geschlossenen Zustand durch die Öse hindurch geführt ist und auch in eine zweite Halterung eingeführt ist, die er auch berührt.

[0016] In einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verschlusses weist die eine Komponente einen Ausleger auf, der rotierbar ist, während die andere Komponente eine Auflage aufweist, über die der Ausleger bei zusammengeklappter Herstellungsform drehbar ist. Darüber hinaus ist der Ausleger translatorisch in einer Richtung verfahrbar, wobei die Richtung vom Ausleger zum Auflager hinweist.

[0017] In der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist der eine oder der andere Aktuator einen in einer Kulissee geführten Stift auf, an dessen freiem Ende die Öse oder der Ausleger angeordnet ist. Unter einer Kulissee kann hier ein Zylinder verstanden werden und unter dem Stift eine Zylinderstange, die durch den Zylinder pneumatisch, hydraulisch angetrieben wird. Es sind jedoch auch elektrische oder anderweitige Antriebe denkbar.

[0018] Günstigerweise bilden die beiden Formhalbschalen im geschlossenen Zustand der Herstellungsform einen zwischen ihren Rändern entlang laufenden Spalt aus. Der Spalt erstreckt sich vorzugsweise über die gesamte Ausdehnung der beiden übereinander angeordneten Formhalbschalenränder sowohl entlang der Breite als auch entlang der Längsrichtung der Ränder.

[0019] In den Formhalbschalen sind Rotorblatthalbschalen gefertigt und weisen ebenfalls jeweils einen Rand auf, der entlang dem Rand der Formhalbschalen verläuft, vorzugsweise fluchten die Ränder der Formhalbschale und die der Rotorblatthalbschale.

[0020] Zweckmäßigerweise fluchten alle nebeneinander angeordneten Ränder und besonders bevorzugt fluchten die Ränder überall. Dadurch entspricht der Spalt zwischen den Rändern der Formhalbschalen dem Spalt zwischen den Rändern der Rotorblatthalbschalen an den Stellen, wo die Ränder fluchten.

[0021] Ein Klebmittel ist auf die Ränder der Rotorblatthalbschalen aufgebracht, über die die beiden in den Formhalbschalen gefertigten und vorzugsweise bereits ausgehärteten Rotorblatthalbschalen miteinander verklebt werden. Das heißt, die Klebmasse wird auf zumindest einen Rand einer Rotorblatthalbschale aufgebracht, die in der Formhalbschale positioniert ist und die beiden Rotorblatthalbschalen werden entlang ihrer Ränder aufeinander gedrückt.

[0022] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind an den beiden Halteeinrichtungen Abstandshalter vorgesehen, die im geschlossenen Zustand die beiden Formhalbschalen so weit voneinander beabstandet, dass sich zwischen den Rändern der Rotorblatthalbschalen der Spalt, vorzugsweise reproduzierbar in einer definierten Höhe ausbildet.

[0023] Vorzugsweise sind die Abstandshalter als Stempelpaar ausgebildet, wobei jeweils einer der Stempel an einer der Halteeinrichtungen fest montiert ist, sodass er den erforderlichen Zug-, und Druckbelastungen Stand hält. Im geschlossenen Zustand der Herstellungsform liegen die Stempel eines Paares jeweils aufeinander und berühren sich.

[0024] Besonders bevorzugt ist die Halteeinrichtung und/oder die andere Halteeinrichtung als Stahlfachwerk ausgebildet. Beim Stahlfachwerk handelt es sich um eine Fachwerkkonstruktion aus Stahlträgern und/oder Stahlrohren.

[0025] Die Erfindung wird in ihrem anderen Aspekt durch ein Verfahren mit dem Merkmal des Anspruchs 10 gelöst.

[0026] Das Verfahren eignet sich insbesondere zur Durchführung mit einer der oben genannten Herstellungsformen.

[0027] In jeder der beiden Formhalbschalen wird jeweils eine Rotorblatthalbschale gefertigt. Nachdem die Rotorblatthalbschalen als Laminatbauteile mit Harz infundiert und/oder zumindest weitgehend ausgehärtet, vorzugsweise vollständig ausgehärtet sind, werden die beiden Formhalbschalen übereinander

zusammen geklappt, sodass die Ränder der beiden in den Formhalbschalen befindlichen Rotorblatthalbschalen übereinander positioniert sind.

[0028] Günstigerweise wird auf zumindest einen der Ränder der Rotorblatthalbschalen ein Klebmittel vorher aufgebracht und die beiden Formhalbschalen werden soweit zusammen geklappt, dass sowohl der Rand der einen Rotorblatthalbschale als auch der Rand der anderen Rotorblatthalbschale sich gegenüberliegend auf der Klebmasseschicht aufliegen.

[0029] Vorzugsweise werden anschließend die beiden Formhalbschalen mit erfindungsgemäßen zweikomponentigen Verschlüssen verschlossen, deren eine Komponente an einer Halteeinrichtung und deren andere Komponente an der anderen Halteeinrichtung angeordnet sind. Die beiden Komponenten jedes Verschlusses werden durch zwei voneinander entkoppelte Bewegungen einer oder beider Komponente miteinander verschlossen.

[0030] Vorzugsweise wird eine an der einen Komponente vorgesehene Öse in eine Richtung translatorisch verfahren und ein an der anderen Komponente angeordneter Bolzen wird ebenfalls translatorisch in eine Richtung verfahren bis der Bolzen durch die Öse hindurchragt. Dann wird die Öse vorzugsweise in die entgegengesetzte Richtung translatorisch verfahren. Die Bolzenbewegung und die Bewegungsrichtung der Öse verlaufen vorzugsweise senkrecht zueinander, günstigerweise in etwa senkrecht zueinander, wobei auch ein Winkel von $90^\circ \pm 5^\circ$, $\pm 10^\circ$, günstigerweise $\pm 15^\circ$ zwischen den beiden translatorischen Bewegungen auftreten kann. Die Öse wird soweit translatorisch in die entgegengesetzte Richtung verfahren, bis der von ihr mitgenommene Bolzen hinreichend weit zur Formhalbschale gezogen wird, dass der Spalt zwischen den beiden Rotorblatthalbschalen die vorgegebene Spaltbreite aufweist. Der zusammengedrückte Spalt ist vorzugsweise vollständig von Klebmittel ausgefüllt, sodass eine hinreichend feste Klebverbindung zwischen den Rändern der beiden Rotorblatthalbschalen erzeugt wird.

[0031] In einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein an der einen Komponente angeordneter Ausleger rotiert, günstigerweise ist der Ausleger an einer Stange angeordnet, um deren Längsrichtung der Ausleger rotiert wird, bis er über einem an der anderen Komponente angeordneten Aufleger positioniert ist. Nach der Drehung des Auslegers ist der Ausleger vom Aufleger beabstandet, d. h. Ausleger und Aufleger berühren sich nicht, aber Auflageflächen liegen vorzugsweise im Wesentlichen parallel zueinander in einem lichten Abstand voneinander.

[0032] Dann wird der Ausleger in die Richtung des Auflegers translatorisch verfahren, bis der Ausleger

den Aufleger berührt. Der Ausleger wird vorzugsweise mittels des Aktuators aber noch weiter verfahren, sodass er unter Krafteinwirkung die andere Formhalbschale auf die Formhalbschale bzw. auf den aufgetragenen Kleber presst, solange, bis der Spalt die vorbestimmte Spaltbreite erreicht hat.

[0033] Günstigerweise wird das Klebmittel zunächst in einer Schichtdicke von 3 bis 4 cm aufgetragen, während der nach dem Zusammendrücken entstehende Spalt zwischen den beiden Rotorblatthalbschalenrändern nur etwa 1 cm beträgt. Auf der Spaltbreite wird die Klebmittelschicht zusammengedrückt und dabei seitlich aus dem Spalt weggedrückt.

[0034] Es sind natürlich auch andere Klebmittelschichtdicken denkbar und möglich, insbesondere kann die Klebmasseschicht auch in Dicken von 4 bis 5 cm oder 5 bis 6 cm aufgetragen werden, während die Spaltbreite nach dem Zusammendrücken etwa 1 bis 1,5 cm oder sogar 2 cm beträgt.

[0035] Die Erfindung wird anhand von zwei Ausführungsbeispielen in fünf Figuren beschrieben, dabei zeigen:

[0036] Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Herstellungsform eines Rotorblattes einer Windenergieanlage,

[0037] Fig. 2a eine erste Ausführungsform eines Verschlusses der Herstellungsform in Fig. 1 in einem geöffneten Zustand,

[0038] Fig. 2b den Verschluss in Fig. 2a in einem geschlossenen Zustand,

[0039] Fig. 3a eine zweite Ausführungsform eines Verschlusses in einer geöffneten Position,

[0040] Fig. 3b den Verschluss in Fig. 3a mit zusammengeklappter Herstellungsform und in verschlossenem Zustand.

[0041] Die in Fig. 1 dargestellte Herstellungsform 1 ist zur Herstellung eines Rotorblattes einer Windenergieanlage bestimmt.

[0042] Die Herstellungsform 1 weist in diesem, nicht einschränkend zu verstehenden Beispiel zwei gelenkig miteinander verbundene Stahlfachwerke 2, 3 auf. In jedem der beiden Stahlfachwerke 2, 3 ist jeweils eine Formhalbschale 4, 5 angeordnet. In der Fig. 1 ist das eine vordere rechte Stahlfachwerk 2 positionsfest auf dem Boden einer Montagehalle montiert, während das andere in Fig. 1 obere, linke Stahlfachwerk 3 gelenkig beispielhaft an sieben Gelenken 6 verschwenkbar relativ gegenüber dem einen Stahlfachwerk 2 angeordnet ist. In dem einen Stahlfachwerk 2 ist die eine Formhalbschale 4 und in dem

anderen Stahlfachwerk **3** die andere Formhalbschale **5** montiert. Die beiden Formhalbschalen **4**, **5** sind mit ihrem jeweiligen Stahlfachwerk **2**, **3** verbunden. Die Verbindung erlaubt günstigerweise geringfügige Relativbewegungen aufgrund von unterschiedlichen thermischen Ausdehnungen, ansonsten ist die Verbindung günstigerweise relativ positionsfest. Die eine Formhalbschale **4** ist üblicherweise und bevorzugt zur Herstellung einer Druckseite des Rotorblattes und die andere Formhalbschale **5** ist zur Fertigung der Saugseite des Rotorblattes bestimmt.

[0043] Die eine und die andere Haltekonstruktion **2**, **3** bestehen beispielsweise aus einem Stahlfachwerk, insbesondere jeweils aus einer Stahlrohrkonstruktion, die beiden Formhalbschalen **4**, **5** bestehen beispielsweise jeweils aus Laminatbauteilen. Die beiden Formhalbschalen **4**, **5** weisen jeweils eine offene Seite und eine geschlossene Seite auf. In der in der **Fig. 1** dargestellten geöffneten Position der Herstellungsform **1** sind die beiden offenen Seiten der beiden Formhalbschalen **4**, **5** nebeneinander angeordnet und weisen nach oben – wobei „oben“ und „unten“ im Rahmen dieser Anmeldung, Angaben bezüglich des Erdbodens sind. Der offenen Seite abgewandt können in den beiden Formhalbschalen **4**, **5** Heizvorrichtungen integriert sein.

[0044] Während des Herstellungsverfahrens des Rotorblattes werden zunächst die beiden Rotorblatthalbschalen, aus denen das spätere Rotorblatt zusammengesetzt wird, in der Herstellungsform **1** gefertigt. Dazu werden in jede der beiden Formhalbschalen **4**, **5**, gemäß **Fig. 1**, zunächst mehrere Schichten, beispielsweise faserhaltige Lagen, Schäume, Balsa, usw. übereinander und/oder nebeneinander gelegt. Die so angeordneten Schichten bilden ein vorzugsweise trockenes Halbzeug aus. Das Halbzeug wird in Verfahren, wie beispielsweise Resin Injection Moulding (RIM-Verfahren) oder Resin Transfer Moulding (RTM-Verfahren) mit einem Harzsystem getränkt.

[0045] Nachdem die Rotorblatthalbschalen **20**, **21** fertig gestellt und ausgehärtet sind, kann die andere Formhalbschale **5** mit der in der Formhalbschale gefertigten Rotorblatthalbschale mithilfe des anderen Stahlfachwerkes **3** über die eine Formhalbschale **4** verschwenkt werden. Die Herstellungsform **1** wird zugeklappt. Die andere Rotorblatthalbschale hat eine hinreichende Haftung auf der Innenseite der anderen Formhalbschale **5**, bzw. ist durch ein s. g. Schließvakuum und/oder zusätzliche mechanische Sicherungen gesichert, sodass sie beim Verschwenken des anderen Stahlfachwerkes **3** nicht aus der anderen Formhalbschale **5** herausfällt.

[0046] Einander zugewandte Längsseiten der beiden Stahlfachwerke **2**, **3** sind über die Gelenke **6** miteinander verbunden und ermöglichen so das Hin-

und Herverschwenken des anderen Stahlfachwerkes **3**, während die den Gelenken **6** gegenüberliegenden Längsseiten der beiden Stahlfachwerke **2**, **3** mit einer Mehrzahl an Komponenten **7a**, **7b** mehrerer Verschlüsse **7** sowie zusammenwirkenden Komponenten **8a**, **8b** von Abstandshaltern **8** versehen sind.

[0047] Beim Zusammenklappen der Herstellungsform **1** stoßen ein und ein anderer Stempel **8a**, **8b** jeweils eines Abstandshalters **8** aufeinander und stützen die beiden Stahlfachwerke **2**, **3** an ihrer den Gelenken gegenüber liegenden Längsseiten gegeneinander ab und halten sie auf einem vorbestimmten Abstand **d**. Die Abstandshalter **8** sind in der Vertikalen vorzugsweise um einige Zentimeter längenverstellbar. Zwischen den Abstandshaltern **8** sind entlang der Längsseiten der beiden Stahlfachwerke und der beiden Formhalbschalen **4**, **5** mit den Stahlfachwerken **2**, **3** in Berührung stehende erfindungsgemäße Verschlüsse **7** vorgesehen, mit denen die beiden Stahlfachwerke samt der beiden Formhalbschalen gegeneinander verschlossen werden können.

[0048] Bevor der klappbare Teil **3**, **5** der Herstellungsform **1**, also das andere Stahlfachwerk **3** und die andere Formhalbschale **5** auf das positionsfeste Teil, also das eine Stahlfachwerk **2** und die eine Formhalbschale **4**, geklappt wird, werden die Ränder der Rotorblatthalbschalen sowie die freien Ränder der in die positionsfeste Rotorblatthalbschale geklebten Stege mit einer Klebmittelschicht versehen. Die Klebmittelschicht **9** kann eine Dicke von 2 bis 4 cm aufweisen. Das Klebmittel **9** ist dicker aufgetragen als die Dicke der später ausgehärteten Klebstoffschicht. Die ausgehärtete Verklebung weist eine Dicke von etwa 1–15 mm auf, sodass nach dem Zuklappen der beiden Formhalbschalen **4**, **5** die beiden Formhalbschalen **4**, **5** durch die Verschlüsse soweit aufeinander zu gezogen werden müssen, dass die umlaufende Klebmittelschicht von 2 bis 4 cm auf eine Enddicke von etwa 1–15 mm zusammen gedrückt wird. Das herausgedrückte Klebmittel **9** wird außen am Rotorblatt aufgefangen. Das Zusammenziehen der beiden Formhalbschalen wird durch die Verschlüsse **7** ermöglicht, die jeweils einen oder zwei Aktuatoren **10**, **11** aufweisen. Die Anzahl der Aktuatoren **10**, **11** pro Verschluss **7** hängt von der Bauart des Verschlusses **7** ab.

[0049] Die Aktuatoren **10**, **11** sind in ihrer Gesamtheit so ausgelegt, dass sie eine hinreichende Kraft aufbringen, um die Formhalbschalen **4**, **5** gegen den Widerstand der 2 bis 4 cm dicken zähklebrigen Klebmasseschicht **9** so weit zusammenzudrücken, dass die Klebmasseschicht ihre Enddicke von 1–15 mm erreicht. Die von jedem Aktuator **10**, **11** tatsächlich aufzubringende Kraft hängt dabei natürlich von der Größe der Fläche der Klebmasseschicht ab, also insbesondere der Länge des Rotorblattes bzw. der beiden Formhalbschalen **4**, **5** sowie auch von der Anzahl der

Aktuatoren **10**, **11**, die entlang der beiden Längskanten der Stahlfachwerke **2**, **3** angeordnet sind.

[0050] In **Fig. 2a** ist ein Ausschnitt eines Spaltes der zusammengeklappten, aber noch nicht zusammengedrückten, d. h. offenen Herstellungsform **1** zwischen dem schwenkbaren Formteil **3**, **5** und dem positionsfesten Formteil **2**, **4** dargestellt. Innenseitig der Ränder der beiden Formhalbschalen **4**, **5** ist jeweils ein Rand der zugeordneten Rotorblatthalbschalen angeordnet. Die Ränder der Formhalbschalen **4**, **5** und die Ränder der Rotorblatthalbschalen fluchten miteinander.

[0051] Auf den Rand der positionsfesten Rotorblatthalbschale ist die Klebmasseschicht **9** aufgetragen, die sich über die gesamte Breite der Ränder der Rotorblatthalbschalen erstreckt und den Rand umlaufend um die Rotorblatthalbschale abdeckt, wobei lediglich der Wurzelbereich, der im Querschnitt senkrecht zur Längsrichtung eine kreisförmige Öffnung aufweist, keine miteinander zu verklebenden Rotorblatthalbschalenränder aufweist.

[0052] Der in **Fig. 2a** dargestellte Verschluss **7** ist zweikomponentig ausgebildet. Der Verschluss weist einen Aktuator **10** einer Verschlusskomponente **7a** auf, die an dem einen Stahlfachwerk **2** dauerhaft montiert ist, sowie einen anderen Aktuator **11** einer anderen Verschlusskomponente **7b** auf, die an dem anderen Stahlfachwerk **3** dauerhaft montiert ist. Die beiden Verschlusskomponenten **7a**, **7b** wirken zusammen. In der aufgeklappten Position der Herstellungsform **1** sind die beiden Aktuatoren **10**, **11** in ihrer geöffneten Stellung, d. h. der eine Aktuator **10** ist eingezogen, während der andere Aktuator **11** ebenfalls eingezogen ist, angeordnet. Die Aktuatoren **10**, **11** sind hier als hydraulische Zylinder **10a**, **11a** mit Kolbenstange **10b**, **11b** ausgebildet. Es sind jedoch auch andere Ausführungsformen der Aktuatoren **10**, **11** denkbar, es kann sich um elektrische Antriebe, pneumatische Antriebe oder andere Antriebe handeln. Die die Aktuatoren **10**, **11** steuernden Hydrauliksysteme mit Flüssigkeitszufuhrleitung und -ableitung und einer Steuerung mit Pumpen usw. sind in der **Fig. 2a**, **Fig. 2b** nicht dargestellt. Sie sind im Stand der Technik aber bekannt.

[0053] Von dem Zylinder **10a** geht eine relativ zum Zylinder **10a** bewegliche Kolbenstange **10b** ab, an deren freien, in **Fig. 2a** oberen Ende, eine Öse **12** montiert ist. Die Öse **12** ist mit ihrer Öffnungsfläche senkrecht zur Längsrichtung **L** der Formhalbschalen angeordnet. Die Öse kann auch um die Kolbenstange **10b** drehbar angeordnet sein. In einigen Ausführungsformen des Verschlusses dreht sich die Kolbenstange automatisch beim Herein- und Herausfahren, sodass die Öse **12** im eingefahrenen, geöffneten Zustand mit ihrem Öffnungsquerschnitt parallel zur Längsrichtung der Formhalbschalen angeordnet ist

und sich die Öse **12** beim Ausfahren der Kolbenstange **10b** um 90° entweder im Uhrzeigersinn oder entgegen dem Uhrzeigersinn dreht und im zugeklappten und im geschlossenen Zustand dann mit ihrer Querschnittsfläche senkrecht zur Längsrichtung der Formhalbschalen angeordnet ist. Die Öse **12** wirkt mit einem an einer anderen Kolbenstange **11b** des anderen Hydraulikzylinders **11a** angeordneten Zapfen **13** zusammen, der in die Öse **12** einführbar ist. Ein Querschnitt über die gesamte Längsausdehnung des Zapfens **13** ist daher kleiner als ein Innenquerschnitt der Öse **12**.

[0054] In **Fig. 2a** sind des Weiteren zwei Halterungen **14**, **15** des Zapfens **13** dargestellt. Im nicht verriegelten Zustand gemäß **Fig. 2a** ist der Zapfen **13** lediglich in der ersten Halterung **14** geführt, im verriegelten Zustand, der in **Fig. 2b** dargestellt ist, wird der Zapfen **13** mittels des anderen Aktuators **11** nach rechts in die verriegelte Stellung verschoben, dabei ist der Zapfen **13** in einer ersten Halterung **14** gelagert und der Zapfen **13** wird beim Verriegelungsvorgang durch die Öse **12** geführt und eine Zapfenspitze in eine zweite Halterung **15**, die auf der der ersten Halterung **14** gegenüberliegenden Seite der Öse **12** vorgesehen ist, eingeführt. Der Zapfen **13** ist in einem verriegelten Zustand in zwei Halterungen **14**, **15**, die fest mit dem anderen Stahlfachwerk **3** verbunden sind, gelagert. Die Lagerung des Zapfens **13** ist insbesondere in Richtung der Erdanziehungskraft zugstabil, sodass durch erneutes Betätigen des einen Aktuators **10** die Öse **12** ein Stück weit in Richtung des Erdbodens gezogen werden kann. Dadurch wird die zugeklappte Herstellungsform **1** geschlossen, d. h. die beiden Formhalbschalen **4**, **5** werden weiter zusammengezogen.

[0055] Durch gleichzeitiges Einziehen der Ösen **12** aller Verschlüsse **7** entlang der Längsseiten der Stahlfachwerke **2**, **3** werden die beiden Ränder der in den Formhalbschalen **4**, **5** gelagerten Rotorblatthalbschalen aufeinandergedrückt, bis sie den vorbestimmten Abstand **d** von 1–15 mm zueinander aufweisen. Während des Zusammenziehens der beiden Formhalbschalen **4**, **5** wird das zwischen den beiden Rändern der Formhalbschalen **4**, **5** aufgebrachte Klebmittel **9** rotorblattinnenseitig und rotorblattaußenseitig herausgedrückt.

[0056] In den **Fig. 2a**, **Fig. 2b** sind die Abstandshalter **8** mit eingezeichnet. Bei den Abstandshaltern **8** handelt es sich bei dieser Ausführungsform um paarweise zusammenwirkende Stempel **8a**, **8b**, die jeweils positionsfest an dem Stahlfachwerk **2** bzw. dem anderen Stahlfachwerk **3** montiert sind; beim Zuklappen der Herstellungsform **1** bewegen sich die paarweise zusammenwirkenden Stempel **8a**, **8b** exakt aufeinander zu bis sie sich berühren. Die Stempel **8a**, **8b** sind in ihrer Länge einstellbar und so eingestellt, dass sie im geschlossenen Zustand der Her-

stellungsform **1** genau dann Kontakt miteinander aufweisen und nicht weiter aufeinander zu bewegbar sind, wenn die beiden Ränder der Rotorblatthalbschalen den vorbestimmten Abstand von 1 cm zueinander aufweisen.

[0057] In den **Fig. 3a** und **Fig. 3b** ist eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verschlusses **7** dargestellt.

[0058] In **Fig. 3a** ist eine Querschnittansicht der geöffneten Herstellungsform **1** mit einer in der einen Formhalbschale **4** angeordneten Rotorblatthalbschale **20** und in der anderen Formhalbschale **5** angeordneten anderen Rotorblatthalbschale **21** dargestellt. Die geklappten Ränder der beiden Formhalbschalen **4**, **5** sind nicht ganz aufeinander geklappt. Der Verschluss **7** ist, wie in der ersten Ausführungsform, automatisch verschließbar. Die am Stahlfachwerk **2** montierte Komponente **7a** des Verschlusses **7** weist wiederum einen Zylinder **10a** mit einer relativ zum Zylinder **10a** beweglichen Kolbenstange **10b** auf, an deren freiem Ende ein Ausleger **22** montiert ist, der in dieser Ausführungsform eine im Querschnitt z. B. dreieckige Form hat und in Längsrichtung eine Ausdehnung von mehreren Zentimetern, vorzugsweise 10 bis 15 cm hat. Die andere Verschlusskomponente **7b** ist ein an dem anderen Stahlfachwerk **3** montierter Aufleger, der außenseitig vom anderen Stahlfachwerk **3** absteht.

[0059] In **Fig. 3a** ist der Verschluss **7** in der geöffneten Stellung dargestellt. In **Fig. 3b** ist der Verschluss **7** in der geschlossenen Stellung dargestellt. In der geöffneten Stellung gemäß **Fig. 3a** weist der Ausleger **22** von der Formhalbschale **4** weg. Nachdem die klappbare Formhalbschale **5** auf die positionsfeste Formhalbschale **4** geklappt wurde, ist ein an dem anderen Stahlfachwerk **3** montierter Aufleger **23** in Richtung der Erdanziehungskraft unterhalb des Auslegers **22** angeordnet. Der Ausleger **22** wird dann mittels der Kolbenstange **10b** um 180° gedreht, sodass der Ausleger **22** über dem Aufleger **23** angeordnet ist. Der Aufleger **23** ist wiederum im Querschnitt senkrecht zur Längsrichtung z. B. dreieckig ausgebildet. Eine Auflagefläche des Auslegers **22** und eine Auflagefläche des Auflegers **23** sind parallel zueinander angeordnet und berühren sich im geschlossenen Zustand des Verschlusses **7** gemäß **Fig. 3b**.

[0060] Um die Herstellungsform **1** zu schließen, wird der Aktuator der Verschlusskomponente **7a** betätigt und die Kolbenstange **10b** eingezogen, sodass der Ausleger **22** und der Aufleger **23** an ihren beiden Auflageflächen miteinander in Berührung gelangen. Der Aktuator **10** wird weiter betätigt und unter Kraft werden die beiden Formhalbschalen **4**, **5** zueinander gedrückt, solange bis das zwischen den Rändern der Rotorblatthalbschalen **20**, **21** angeordnete Klebmittel, das in einer Schichtdicke von hier ebenfalls 2 bis 4

cm aufgetragen wird, auf eine Schichtdicke von etwa 1–15 mm zusammengedrückt ist.

[0061] Grundsätzlich ist es so, dass die Dicke der Klebmasseschichten auch abhängig ist vom herzustellenden Rotorblatt, sodass die Schichtdicken hier nur exemplarisch genannt werden und auch andere Dicken der Klebmittelschicht **9** denkbar sind, sowohl hinsichtlich des anfänglichen Auftrags als auch hinsichtlich der schlussendlichen Dicke auf die sie zusammengedrückt werden.

Bezugszeichenliste

1	Herstellungsform
2	Haltekonstruktion, z. B. Stahlfachwerk
3	Haltekonstruktion, z. B. Stahlfachwerk
4	Formhalbschale
5	Formhalbschale
6	Gelenke
7	Verschlüsse
7a	Verschlusskomponente
7b	Verschlusskomponente
8	Abstandshalter
8a	Stempel
8b	Stempel
9	Klebmittelschicht
10	Aktuator
10a	Zylinder
10b	Kolbenstange
11	Aktuator
11a	Zylinder
11b	Kolbenstange
12	Öse
13	Zapfen
14	Halterung
15	Halterung
19	Spalt
20	Rotorblatthalbschale
21	Rotorblatthalbschale
22	Ausleger
23	Aufleger
d	Abstand
L	Längsrichtung

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2010/076605 A1 [0003]
- WO 2010/103490 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Herstellungsform (1) für ein Rotorblatt einer Windenergieanlage mit zwei Formhalbschalen (4, 5) mit jeweils einer offenen Seite und die jeweils in einer Halteeinrichtung (2, 3) angeordnet sind, wobei die beiden Halteeinrichtungen (2, 3) gelenkig miteinander verbunden sind und von einer geöffneten Position, in der die beiden Formhalbschalen (4, 5) mit ihrer offenen Seite nach obenweisend nebeneinander angeordnet sind, in eine geschlossene Position, in der die beiden Formhalbschalen (4, 5) mit ihrer offenen Seite zueinanderweisend übereinander angeordnet sind, hin und her klappbar sind, gekennzeichnet durch eine Mehrzahl an zweikomponentigen Verschlüssen (7), deren eine Komponente (7a) an der einen Halteeinrichtung (2) und deren andere Komponente (7b) an der anderen Halteeinrichtung (3) angeordnet ist und dadurch, dass die beiden Komponenten (7a, 7b) mittels wenigstens eines Aktuators (10, 11) miteinander durch wenigstens zwei voneinander entkoppelte Bewegungen einer der Komponenten (7a, 7b) bzw. der beiden Komponenten (7a, 7b) verschließbar und wieder öffnbar sind.

2. Herstellungsform (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die eine Halteeinrichtung (2) als Stahlfachwerk (2) und/oder die andere Halteeinrichtung (3) als anderes Stahlfachwerk (3) ausgebildet ist.

3. Herstellungsform (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die eine Komponente (7a) eine Öse (12) aufweist, die von einem Aktuator (10) angetrieben ist und die andere Komponente (7b) einen Bolzen aufweist, der über einen anderen Aktuator (11) abgetrieben ist und der im geschlossenen Zustand in die Öse (12) eingeführt ist und im geöffneten Zustand aus der Öse (12) herausgeführt ist.

4. Herstellungsform (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die eine Komponente (7a) einen an dem einen Aktuator (10) angeordneten drehbaren Ausleger (22) aufweist, der im geschlossenen Zustand zur anderen Formhalbschale (5) weist und auf einer an dem anderen Stahlfachwerk (3) angeordneten Auflage aufliegt und im geöffneten Zustand von der anderen Formhalbschale (5) weg weist.

5. Herstellungsform (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der eine Aktuator (10) einen in einer Kulissee geführten Stift aufweist, an dessen freiem Ende die Öse (12) oder der Ausleger (22) angeordnet ist.

6. Herstellungsform (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der andere Aktuator (11) einen in einer anderen Kulissee

geführten anderen Stift aufweist, an dessen freiem Ende der Bolzen angeordnet ist.

7. Herstellungsform (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Formhalbschalen (4, 5) im geschlossenen Zustand einen zwischen ihren Rändern entlang laufenden Spalt (19) ausbilden.

8. Herstellungsform (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Halteeinrichtungen mit Abstandshaltern (8) versehen sind und im geschlossenen Zustand durch die Abstandshalter (8) zur Ausbildung des Spaltes (19) voneinander beabstandet sind.

9. Herstellungsform (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandshalter (8) jeweils einen an dem Stahlfachwerk (2) und einen anderen an dem anderen Stahlfachwerk (3) montierten Stempel (8a, 8b) aufweisen, die im geschlossenen Zustand paarweise aneinanderliegen.

10. Verfahren zur Herstellung eines Rotorblattes einer Windenergieanlage, indem in einer Herstellungsform (1) mit zwei Formhalbschalen (4, 5) mit jeweils einer offenen Seite

in jeder der zwei Formhalbschalen (4, 5) je eine Rotorblattalbschale (20, 21) gefertigt wird, jede der beiden Formhalbschalen (20, 21) in jeweils einer Halteeinrichtung (2, 3) angeordnet ist und die beiden Halteeinrichtungen gelenkig miteinander verbunden sind und die beiden Halteeinrichtungen von einer geöffneten Position, in der die beiden Formhalbschalen (4, 5) mit ihrer offenen Seite nach obenweisend nebeneinander angeordnet sind, in eine geschlossene Position, in der die beiden Formhalbschalen (4, 5) mit ihrer offenen Seite zueinanderweisend übereinander angeordnet sind, geklappt werden, gekennzeichnet durch eine Mehrzahl an zweikomponentigen Verschlüssen (7), deren eine Komponente (7a) an der einen Halteeinrichtung (2) und deren andere Komponente (7b) an der anderen Halteeinrichtung (3) angeordnet sind und die beiden Komponenten (7a, 7b) jedes Verschlusses (7) mittels wenigstens eines Aktuators (10, 11) miteinander verschlossen werden und eine der Komponenten (7a, 7b) oder beide Komponenten (7a, 7b) wenigstens zwei voneinander entkoppelte Bewegungen ausführen.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine an der einen Komponente (7a) vorgesehene Öse (12) in eine Richtung translatorisch verfahren wird, ein an der anderen Komponente (7b) angeordneter Bolzen translatorisch verfahren wird, bis der Bolzen durch die Öse (12) hindurchragt und die Öse (12) in eine entgegengesetzte Richtung translatorisch verfahren wird

12. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein an der einen Komponente (**7a**) angeordneter Ausleger (**22**) rotiert wird, bis er über einem an der anderen Komponenten (**7b**) angeordneten Aufleger (**23**) positioniert ist und der Ausleger (**22**) dann in die Richtung des Auflegers (**23**) translatorisch verfahren wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

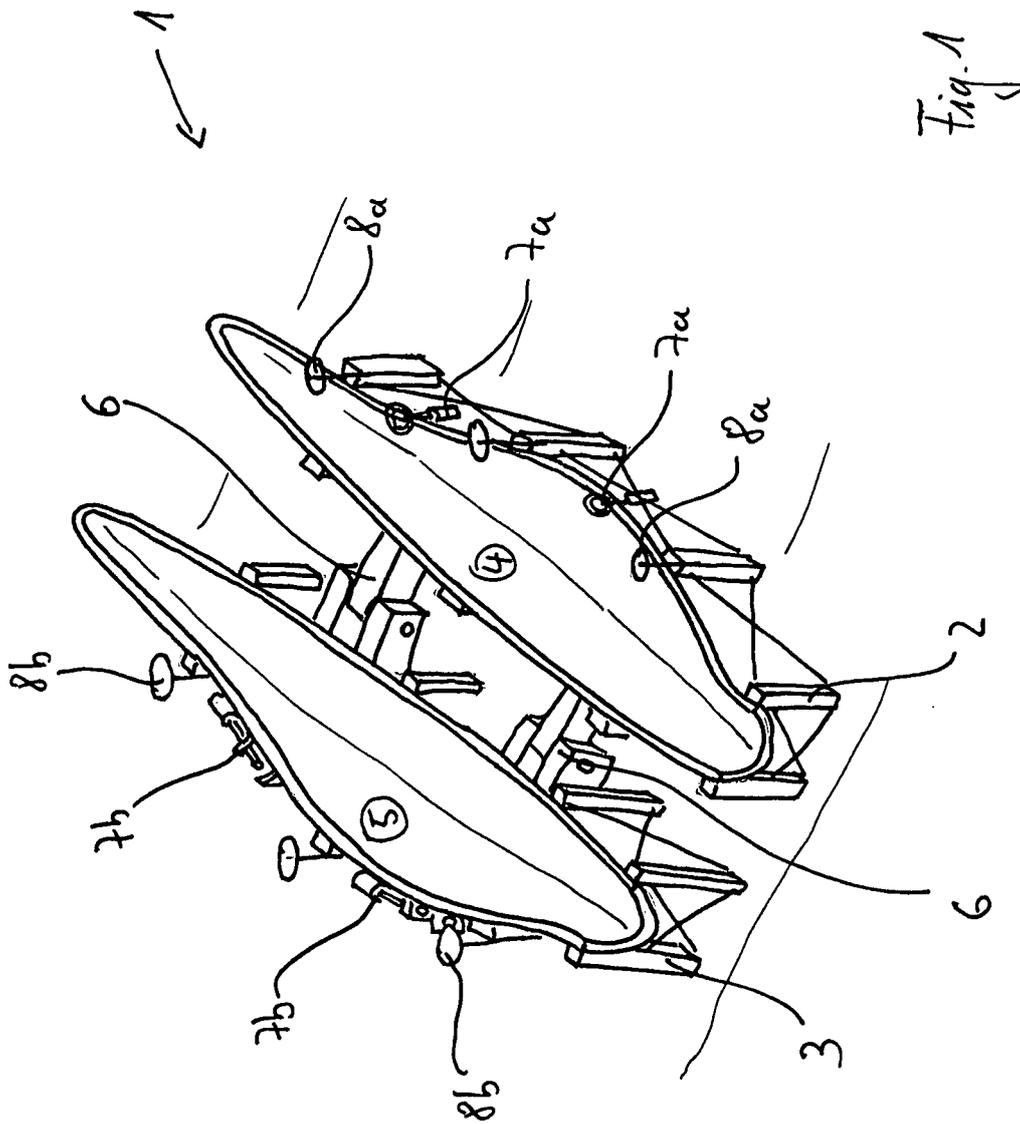
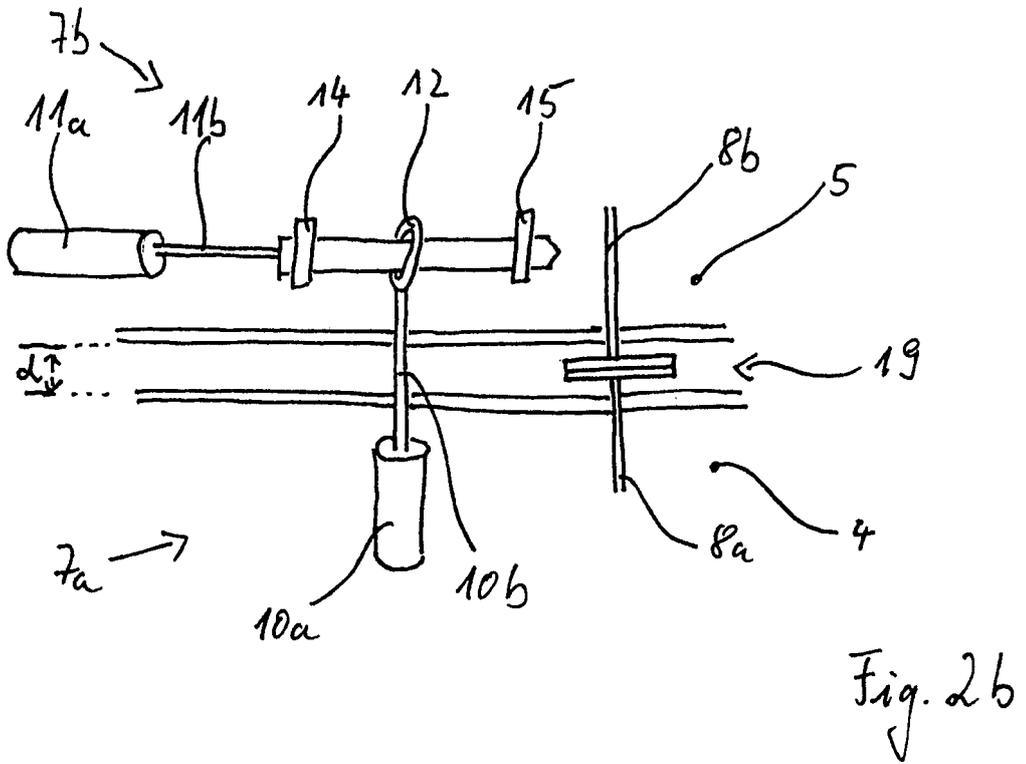
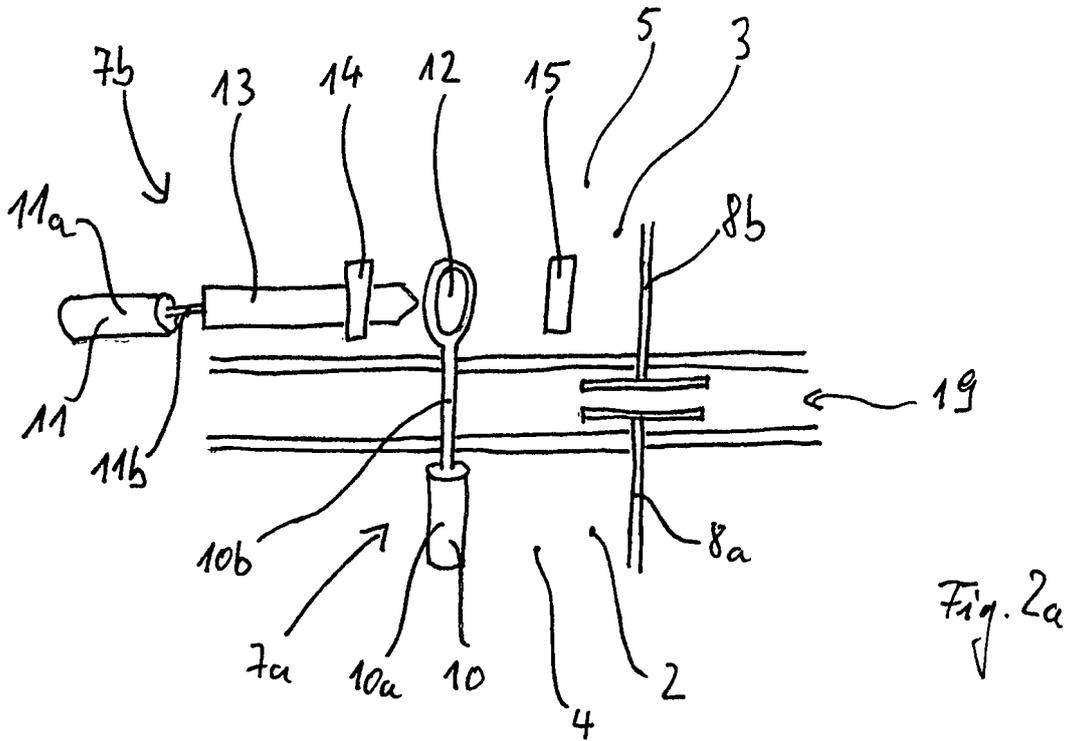


Fig. 1



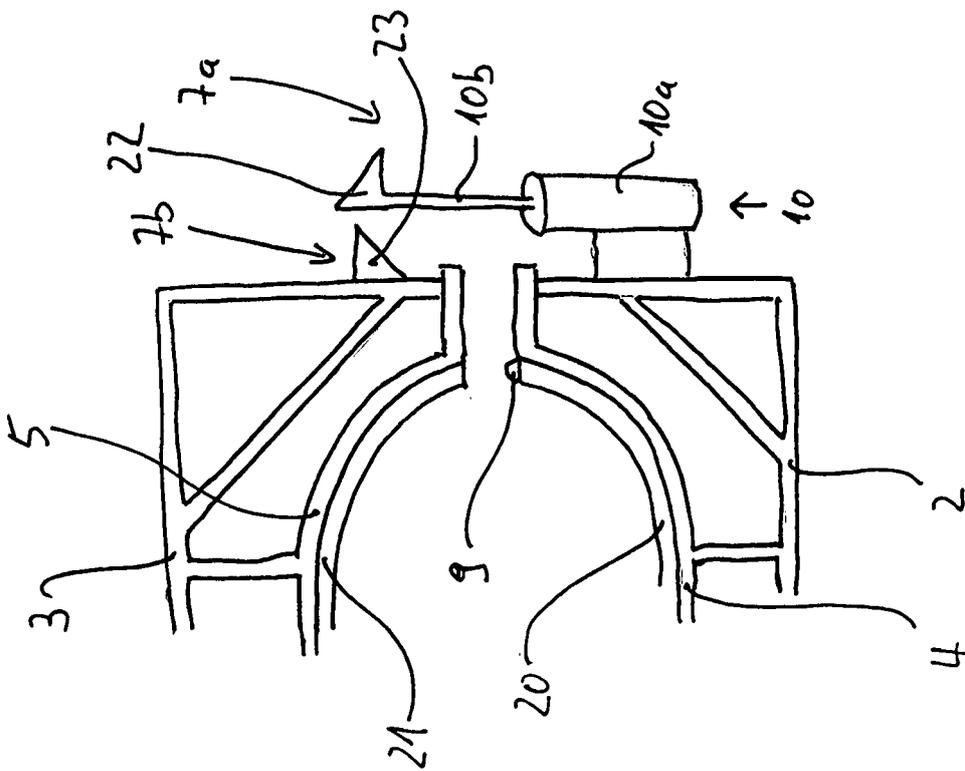


Fig. 3a

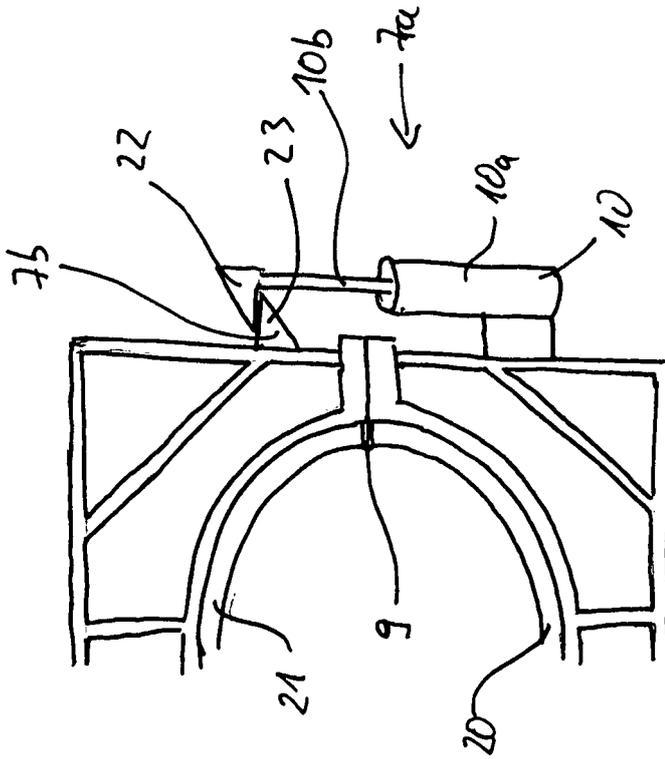


Fig. 3b