



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2017 116 873.7

(51) Int Cl.: **F03D 13/20 (2016.01)**

(22) Anmelddatum: 26.07.2017

E04H 12/08 (2006.01)

(43) Offenlegungstag: 31.01.2019

(71) Anmelder:

Wobben Properties GmbH, 26607 Aurich, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2005 012 497	A1
DE	10 2011 077 428	A1
DE	10 2014 118 251	A1
DE	603 17 372	T2
WO	2010/ 055 535	A1

(74) Vertreter:

**Eisenführ Speiser Patentanwälte Rechtsanwälte
PartGmbB, 20355 Hamburg, DE**

(72) Erfinder:

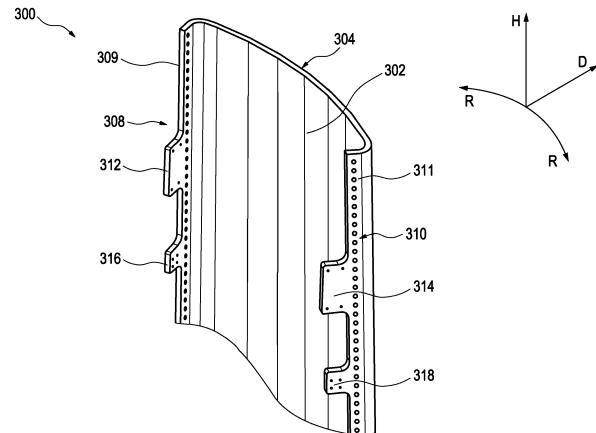
Kersten, Roy, 39291 Hohenwarthe, DE

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment und Verfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment, einen Windenergieanlagen-Turmabschnitt, einen Windenergieanlagen-Turm, eine Windenergieanlage sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Windenergieanlagen-Turmabschnitts. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment für einen Windenergieanlagen-Turm, umfassend ein Mantelsegment mit einer Erstreckung in Richtung einer Segmenthöhe, einer Segment-Ringrichtung und einer Segmentdicke mit einer ersten Horizontalstoßseite und einer zweiten Horizontalstoßseite, einer ersten Vertikalstoßseite und einer zweiten Vertikalstoßseite, wobei an der ersten Vertikalstoßseite ein erster Vertikalfansch angeordnet ist und/oder an der zweiten Vertikalstoßseite ein zweiter Vertikalfansch angeordnet ist, wobei der erste Vertikalfansch und/oder der zweite Vertikalfansch einen Winkel mit dem Mantelsegment einschließt bzw. einschließen, wobei an dem ersten Vertikalfansch und/oder an dem zweiten Vertikalfansch mindestens ein Anschlusslement zur Anordnung von Funktionselementen ausgebildet ist, wobei das Anschlusslement ausgehend von dem ersten Vertikalfansch und/oder dem zweiten Vertikalfansch auskragt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Windenergieanlagen-Stahlturmgringsegment, einen Windenergieanlagen-Turmabschnitt, einen Windenergieanlagen-Turm, eine Windenergieanlage sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Windenergieanlagen-Turmabschnitts.

[0002] Windenergieanlagen sind bekannt. Moderne Windenergieanlagen betreffen in der Regel sogenannte Horizontalachsen-Windenergieanlagen, bei denen die Rotorachse im Wesentlichen horizontal angeordnet ist und die Rotorblätter eine im Wesentlichen senkrechte Rotorfläche überstreichen. Windenergieanlagen umfassen neben einem an einer Gondel angeordneten Rotor in der Regel einen Turm, auf dem die Gondel mit dem Rotor um eine im Wesentlichen vertikal ausgerichtete Achse drehbar angeordnet ist.

[0003] Türme sind in der Regel schlanke Bauwerke, die vorzugsweise eine große Höhe aufweisen und ferner vorzugsweise orthogonal zu dieser Höhe vergleichsweise geringe Abmessungen aufweisen. Türme bestehen vorzugsweise im Wesentlichen aus Beton und/oder Stahl oder umfassen diese Materialien. Die Bandbreite von Turmausführungen reicht von Gitterkonstruktionen über Stahlrohrtürme mit oder ohne Seilabspannung bis hin zu Betonbauten.

[0004] Stahlrohrtürme können aus einem einzelnen Bauteil oder mehreren Bauteilen bestehen oder derartige Bauteile umfassen. Türme können zylindrische und/oder konische Abschnitte, insbesondere entlang ihrer Längserstreckung, aufweisen, wobei Türme oftmals zylindrische und konische Abschnitte umfassen. Darüber hinaus können derartige Abschnitte auch ringsegmentweise ausgebildet werden, sodass ein zylindrischer Abschnitt aus verschiedenen Segmenten in Ringrichtung bzw. nebeneinander zusammengesetzt ist.

[0005] Türme von Windenergieanlagen, insbesondere von modernen Horizontalachsen-Windenergieanlagen, tragen zu einem erheblichen Teil zu den Gesamtkosten der Herstellung einer Windenergieanlage bei. Insbesondere die größer werdenden Rotor durchmesser und Leistungen von Windenergieanlagen führen dazu, dass auch die Türme größer werden und/oder höheren Belastungen ausgesetzt sind. Die Türme werden einerseits hinsichtlich ihrer Höhe größer und andererseits in Bezug auf ihren Durchmesser, der bei einer Vielzahl heutiger Windenergieanlagen bereits 8 m und mehr aufweist. Vor allem die Fertigung und/oder Montage und/oder die Logistik der Türme ist bzw. sind zeit- und kostenaufwendig. Insbesondere bei segmentierten Stahltürmen, vor allem bei Stahltürmen, die in Umfangsrichtung segmentiert

sind, werden regelmäßig Verzüge festgestellt, die die Montage des Turmes erschweren.

[0006] Im Stand der Technik bestehen verschiedene Ansätze zur Reduktion der Kosten und zur Erhöhung der Arbeitssicherheit bei der Fertigung und/oder Montage von Windenergieanlagen-Türmen. Beispielsweise wird in der DE 10 2011 077 428 A1 ein Windenergieanlagen-Turm mit einer Mehrzahl von Turmsegmenten beschrieben, wobei die Turmsegmente an horizontalen und vertikalen Flanschen aneinanderstoßen und hier miteinander befestigt sind. In den am 8. August 2016 und 22. März 2017 eingereichten deutschen Patentanmeldungen der hiesigen Anmelderin werden unterschiedliche Konzepte segmentierter Türme gezeigt. In der DE 10 2005 012 497 A1 wird hingegen eine Arbeitsbühne für einen Innenraum eines Windenergieanlagen-Turmes vorgeschlagen, die im Inneren eines turmartigen Bauwerks auch dann verwendet werden kann, wenn der Turm oben durch einen Aufbau verschlossen ist.

[0007] Die existierenden Systeme und Verfahren zum Aufbau und zur Fertigung von Windenergieanlagen-Türmen bieten verschiedene Vorteile, jedoch sind weitere Verbesserungen wünschenswert. Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Windenergieanlagen-Stahlturmgringsegment, einen Windenergieanlagen-Turmabschnitt, einen Windenergieanlagen-Turm, eine Windenergieanlage sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Windenergieanlagen-Turmabschnitts bereitzustellen, welche einen oder mehrere der genannten Nachteile vermindern oder beseitigen. Insbesondere ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Lösung bereitzustellen, die die Kosten einer Windenergieanlage, insbesondere die Kosten der Fertigung und/oder Montage eines Windenergieanlagen-Turmes, reduziert und/oder die Arbeitssicherheit bei der Fertigung und/oder Montage einer Windenergieanlage erhöht.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Windenergieanlagen-Stahlturmgringsegment für einen Windenergieanlagen-Turm, umfassend ein Mantelsegment mit einer Erstreckung in Richtung einer Segmenthöhe, einer Segment-Ringrichtung und einer Segmentdicke mit einer ersten Horizontalstoßseite und einer zweiten Horizontalstoßseite, einer ersten Vertikalstoßseite und einer zweiten Vertikalstoßseite, wobei an der ersten Vertikalstoßseite ein erster Vertikalfansch angeordnet ist und/oder an der zweiten Vertikalstoßseite ein zweiter Vertikalfansch angeordnet ist, wobei der erste Vertikalfansch und/oder der zweite Vertikalfansch einen Winkel mit dem Mantelsegment einschließt bzw. einschließen, wobei an dem ersten Vertikalfansch und/oder an dem zweiten Vertikalfansch mindestens ein Anschlusslement zur Anordnung von Funktionselementen ausgebildet ist, wobei das Anschlusslement ausgehend von dem

ersten Vertikalflansch und/oder dem zweiten Vertikalflansch auskragt.

[0009] Im eingebauten Zustand ist die Segmenthöhe des Mantelsegments vorzugsweise und im Wesentlichen parallel zu einer Längsachse des Windenergieanlagen-Turmes. Die Segment-Ringrichtung des Mantelsegments verläuft im eingebauten Zustand im Wesentlichen parallel zur Umfangsrichtung des Windenergieanlagen-Turmes, sodass diese in einer im Wesentlichen tangentialen Richtung verläuft. Dies gilt ebenso für unrunde Turmquerschnitte, die beispielsweise eine polygonale Geometrie aufweisen können. Die Segmentdicke des Mantelsegments ist im Wesentlichen orthogonal zur Segmenthöhe und zur Segment-Ringrichtung ausgerichtet, sodass die Segmentdicke im eingebauten Zustand im Wesentlichen in radialer Richtung des Windenergieanlagen-Turmes ausgerichtet ist.

[0010] Die erste Horizontalstoßseite ist vorzugsweise gegenüberliegend von der zweiten Horizontalstoßseite angeordnet. Die erste Horizontalstoßseite und die zweite Horizontalstoßseite sind ferner vorzugsweise derart angeordnet und ausgebildet, dass das Mantelsegment in geeigneter Weise über einem weiteren Mantelsegment anordenbar ist. Die erste Vertikalstoßseite ist vorzugsweise gegenüberliegend von der zweiten Vertikalstoßseite angeordnet, wobei die erste Vertikalstoßseite und die zweite Vertikalstoßseite im Wesentlichen orthogonal zu den Horizontalstoßseiten angeordnet sind. Die erste Vertikalstoßseite und die zweite Vertikalstoßseite sind vorzugsweise derart angeordnet und ausgebildet, dass diese das Anordnen des Mantelsegments neben einem weiteren Mantelsegment ermöglicht, sodass die zwei oder mehr nebeneinander angeordneten Mantelsegmente in Ringrichtung bzw. in Umfangsrichtung nebeneinander einen Ring ergeben können.

[0011] Um einer sich verjüngenden Geometrie von Windenergieanlagen-Türmen gerecht zu werden, ist es insbesondere bevorzugt, dass die Mantelsegmente eine trapezförmige Geometrie aufweisen. Somit sind die erste Vertikalstoßseite und die zweite Vertikalstoßseite nicht ideal parallel zueinander ausgerichtet, wobei die Abweichungen von dieser idealen Parallelität aufgrund der großen Abmessungen eines Windenergieanlagen-Turmes vorliegend zu vernachlässigen sind. Ebenso die orthogonale Anordnung der Horizontalstoßseiten zu den Vertikalstoßseiten ist dementsprechend idealisiert beschrieben, wobei auch hier nicht zwingend ein 90-Grad-Winkel zwischen einer Horizontal- und Vertikalstoßseite herrschen muss, sondern gewisse Abweichungen möglich sind.

[0012] Der erste Vertikalflansch und/oder der zweite Vertikalflansch erstreckt bzw. erstrecken sich vorzugsweise vollständig oder abschnittsweise entlang

der ersten Vertikalstoßseite bzw. der zweiten Vertikalstoßseite. Insbesondere ist es bevorzugt, dass der erste Vertikalflansch und/oder der zweite Vertikalflansch durch einen geraden Abschnitt ausgebildet ist bzw. sind. Die Vertikalflansche können entweder als separate Elemente an den Vertikalstoßseiten angeordnet werden oder die Vertikalflansche sind integral mit dem Mantelsegment verbunden. Die integrale Verbindung der Vertikalflansche mit dem Mantelsegment ist vorzugsweise derart ausgeführt, dass die Vertikalflansche als umgebogene Endabschnitte des Mantelsegments ausgebildet sind. Alternativ können die Vertikalflansche an den Vertikalstoßseiten beispielsweise angeschweißt werden.

[0013] Insbesondere ist es bevorzugt, dass der erste Vertikalflansch und/oder der zweite Vertikalflansch derart angeordnet und ausgebildet ist bzw. sind, dass dieser bzw. diese mit einem Vertikalflansch eines benachbarten Windenergieanlagen-Stahlturmringssegments verbindbar ist bzw. sind. Der erste Vertikalflansch und/oder der zweite Vertikalflansch kann bzw. können Durchtrittsöffnungen aufweisen, die beispielsweise eine im Wesentlichen parallel zur Segment-Ringrichtung ausgerichtete Durchtrittsrichtung aufweisen. Somit kann das Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment mit einem benachbarten Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment verbunden werden, wenn dieses benachbarte Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment korrespondierende Durchtrittsöffnungen aufweist.

[0014] Der erste Vertikalflansch und/oder der zweite Vertikalflansch schließen mit dem Mantelsegment einen Winkel ein, sodass diese vorzugsweise vom Mantelsegment aus gesehen abgeknickt sind. Durch die gewinkelte Anordnung des ersten Vertikalflansches und/oder des zweiten Vertikalflansches zu dem Mantelsegment besteht in besonders vorteilhafter Weise die Möglichkeit, das Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment mit einem benachbarten Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment zu verbinden, indem die gewinkelten Vertikalflansche miteinander verbunden werden. Insbesondere kann bzw. können der erste Vertikalflansch und/oder der zweite Vertikalflansch mit einem oder zwei vertikal-stoßseitigen Endabschnitten des Mantelsegments einen Winkel einschließen.

[0015] An dem ersten Vertikalflansch und/oder an dem zweiten Vertikalflansch ist mindestens ein Anschlusselement zur Anordnung von Funktionselementen ausgebildet. Insbesondere kragt das mindestens eine Anschlusselement ausgehend von dem ersten Vertikalflansch und/oder dem zweiten Vertikalflansch aus. Insbesondere ist es bevorzugt, dass das Anschlusselement von genau einem Vertikalflansch, also von dem ersten Vertikalflansch oder dem zweiten Vertikalflansch, auskragt. Das Anschlusselement

kann angeordnet und ausgebildet sein, das an diesem Tragstrukturen anordenbar sind.

[0016] Der Erfindung liegt unter anderem die Erkenntnis zugrunde, dass das Anschweißen von Tragstrukturen an Mantelsegmente von Windenergieanlagen-Stahlturtringsegmenten regelmäßig mit einem Verzug eben dieser Windenergieanlagen-Stahlturtringsegmente resultiert. Darüber hinaus werden durch das Einbringen der Wärme während des Schweißprozesses die Materialeigenschaften des Stahls verändert, sodass das Windenergieanlagen-Stahlturmingsegments gegebenenfalls nicht mehr die ursprünglich festgelegten und eingestellten Materialeigenschaften, wie beispielsweise Festigkeit und/oder Härte, aufweist. Der Verzug des Mantelsegments resultiert ferner in einer deutlich aufwendigeren Montage, da die Windenergieanlagen-Stahlturmingsegments durch den Verzug keine optimale Passung mehr aufweisen. Daraus folgt unter anderem auch, dass die Türme während der Montage gespannt werden und diese Spannungen zu unerwünschten Spannungsverhältnissen im Turm führen können.

[0017] Diese Nachteile können durch ein erfindungsgemäß ausgebildetes und angeordnetes Anschlusslement vermindert oder beseitigt werden, wobei dieses Anschlusslement an einem oder mehreren der Vertikalfansche angeordnet ist und von dort aus abstehen. An diesem Anschlusslement können dann unterschiedlichste weitere Vorrichtungen und/oder Einheiten und/oder Elemente befestigt werden, sodass diese vormals im Mantelsegment anzuordnenden Vorrichtungen und Einheiten nun direkt am Anschlusslement befestigt werden können und somit nicht mehr unmittelbar am Mantelsegment geschweißt wird.

[0018] Das erfindungsgemäß ausgebildete und angeordnete Anschlusslement hat den besonderen Vorteil, dass hier mit geringen Kosten Funktionselemente angeordnet werden können. In Frage kommen beispielsweise Tragstrukturen, an denen Montagepoden angeordnet werden. Darüber hinaus können an den Anschlusslementen auch Versorgungseinrichtungen, wie beispielsweise Kabel oder Kabelstränge oder Kabelstranghaltevorrichtungen angeordnet werden.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsvariante des Windenergieanlagen-Stahlturmingsegments ist vorgesehen, dass der erste Vertikalfansch und/oder der zweite Vertikalfansch und das Anschlusslement den gleichen Winkel mit dem Mantelsegment einschließen, und/oder das Anschlusslement einen Anschlusswinkel mit dem Mantelsegment einschließt, der verschieden ist von einem Flanschwinkel, den der erste Vertikalfansch und/oder der zweite Vertikalfansch mit dem Mantelsegment einschließt

bzw. einschließen. Der erste Vertikalfansch und/oder der zweite Vertikalfansch können in dieser Ausführungsvariante somit fluchtend mit dem Anschlusslement angeordnet sein. Vorzugsweise bildet das Anschlusslement sozusagen eine Verlängerung des ersten Vertikalfansches und/oder des zweiten Vertikalfansches. Somit ist das Anschlusslement besonders kostengünstig an dem ersten Vertikalfansch und/oder dem zweiten Vertikalfansch anordenbar, wobei darüber hinaus Vereinfachungen im Ablauf der Fertigung ermöglicht werden. Alternativ ragen die Anschlusslemente in eine andere Richtung als die Vertikalfansche.

[0020] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Windenergieanlagen-Stahlturmingsegments ist vorgesehen, dass sich das Anschlusslement in Richtung einer Anschluss Höhe, einer Anschlussbreite und einer Anschlussdicke erstreckt und/oder das Anschlusslement durch die Erstreckung in Richtung der Anschluss Höhe und der Anschlussbreite eine im Wesentlichen flächige Erstreckung aufweist, wobei die flächige Erstreckung vorzugsweise im Wesentlichen rechteckig ist.

[0021] Ferner ist es bevorzugt, dass der erste Vertikalfansch und/oder der zweite Vertikalfansch eine Erstreckung aufweist in Richtung einer Flanschhöhe, die parallel zur Segmenthöhe ausgerichtet ist, einer Flanschbreite, die orthogonal zur Segment-Ringrichtung und orthogonal zur Segmenthöhe ausgerichtet ist, und einer Flanschdicke, die orthogonal zur Flanschhöhe und orthogonal zur Flanschbreite ausgerichtet ist.

[0022] Insbesondere kann die Flanschdicke im Wesentlichen parallel zur Segment-Ringrichtung ausgerichtet sein. Darüber hinaus kann die Anschlussdicke vorzugsweise parallel zur Flanschdicke und/oder die Anschlussbreite parallel zur Flanschbreite und/oder die Anschluss Höhe parallel zur Flanschhöhe ausgerichtet sein.

[0023] Eine weitere bevorzugte Fortbildung des Windenergieanlagen-Stahlturmingsegments zeichnet sich dadurch aus, dass die Erstreckung des Anschlusslements in Richtung der Anschluss Höhe geringer ist, insbesondere um ein Vielfaches geringer ist, als eine Erstreckung des Mantelsegments in Richtung der Segmenthöhe. Im Gegensatz zu dem Mantelsegment oder auch den Vertikalfanschen ist die Erstreckung des Anschlusslements somit vorzugsweise lokal begrenzt. Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass die Erstreckung des Anschlusslements in Richtung der Anschluss Höhe kleiner 20 %, und/oder kleiner 15 %, und/oder kleiner 10 %, und/oder kleiner 5 %, und/oder kleiner 2 %, und/oder kleiner 1 %, und/oder kleiner 0,1 % der Erstreckung des Mantelsegments in Richtung der Segmenthöhe ist.

[0024] Eine weitere besonders bevorzugte Ausführungsvariante des Windenergieanlagen-Stahlturmringssegments sieht vor, dass die flächige Erstreckung des Anschlusselementes eine Flächennormale aufweist, wobei die Flächennormale in Richtung der Segment-Ringrichtung und/oder in Richtung der Segmentdicke ausgerichtet ist. Insbesondere ist es bevorzugt, dass diese Flächennormale Richtungsanteile aufweist, die parallel zur Segmenthöhe und zur Segment-Ringrichtung ausgerichtet sind.

[0025] Insbesondere ist es bevorzugt, dass die Anschlussdicke und die Flanschdicke die gleiche Abmessung aufweisen. Ferner ist es bevorzugt, dass das Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment ein erstes Anschlusselement und ein zweites Anschlusselement umfasst, wobei sich das Mantelsegment in Richtung der Segmenthöhe von einem oberen Ende zu einem unteren Ende erstreckt und/oder das erste Anschlusselement an dem ersten Vertikalfansch und das zweite Anschlusselement an dem zweiten Vertikalfansch angeordnet sind und wobei das erste Anschlusselement und das zweite Anschlusselement die gleiche Beabstandung zu dem oberen Ende und/oder dem unteren Ende aufweisen. Diese Ausführungsvariante hat insbesondere den Vorteil, dass ein Funktionselement, insbesondere eine Tragstruktur, an dem ersten Anschlusselement und an dem zweiten Anschlusselement angeordnet werden kann und eine im Wesentlichen horizontal ausgerichtete Verbindungsstrecke zwischen den zwei Anschlusselementen ermöglicht wird.

[0026] In einer bevorzugten Ausführungsvariante des Windenergieanlagen-Stahlturmringssegments umfasst dieses ein drittes Anschlusselement und ein viertes Anschlusselement, wobei die Fläche der flächigen Erstreckung des ersten Anschlusselements und des zweiten Anschlusselements mehr als die zweifache Größe der Fläche der flächigen Erstreckung des dritten Anschlusselements und des vierten Anschlusselements aufweisen. Ferner ist es bevorzugt, dass das erste Anschlusselement und das dritte Anschlusselement am ersten Vertikalfansch angeordnet sind und das zweite Anschlusselement und das vierte Anschlusselement an dem zweiten Vertikalfansch angeordnet sind.

[0027] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Windenergieanlagen-Stahlturmringssegments ist vorgesehen, dass das Mantelsegment und der erste Vertikalfansch und/oder das Mantelsegment und der zweite Vertikalfansch einstückig ausgebildet sind, und/oder das Mantelsegment und der erste Vertikalfansch einstückig mit dem Anschlusselement ausgebildet sind, und/oder das Mantelsegment und der zweite Vertikalfansch einstückig mit dem Anschlusselement ausgebildet sind. Hieraus ergibt sich ein qualitativ besonders hochwertiges Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment, da

keine relevante Wärmeeintragung durch Schweißen stattfand. Weder die Vertikalfansche noch die Anschlussselemente werden mittels eines Schweißverfahrens an dem Mantelsegment angeordnet, wodurch zwangsläufig Wärme in das Mantelsegment eingebracht worden wäre. Dies hätte unter anderem die bereits im Vorhergehenden erläuterten Nachteile in Bezug auf den Verzug des Mantelsegments sowie veränderte Materialeigenschaften zur Folge.

[0028] Eine weitere bevorzugte Fortbildung des Windenergieanlagen-Stahlturmringssegments zeichnet sich dadurch aus, dass in einem Biegeabschnitt, der vorzugsweise linienförmig ausgebildet ist, im Übergang zwischen dem Mantelsegment und dem ersten Vertikalfansch und/oder zwischen dem Mantelsegment und zweiten Vertikalfansch eine Ausnehmung, insbesondere eine Vertiefung und/oder eine Durchgangsöffnung, angeordnet ist, wobei vorzugsweise die Ausnehmung als Fuge und/oder Kerbe und/oder Schlitz ausgebildet ist und insbesondere mittels Fräsen und/oder Fugenhobeln hergestellt ist.

[0029] Die Ausnehmung kann beispielsweise entlang einer Biegelinie angeordnet werden, entlang derer die Biegung erfolgt. Die Ausnehmung ist vorzugsweise in einem konvexen und/oder konkaven Bereich des Biegeabschnitts angeordnet. Es können auch zwei oder mehr Ausnehmungen im Biegeabschnitt angeordnet sein. Der Biegeabschnitt ist insbesondere als solcher Abschnitt zu verstehen, in dem das Ausgangsmaterial umgebogen wird, sodass der abgekantete Vertikalfansch relativ zu dem Mantelsegment entsteht. Aus technischer Perspektive ist der Biegeabschnitt somit der Abschnitt, in dem das Material gedehnt und/oder gestaucht wird. Der Biegeabschnitt ist auch der Abschnitt, in dem das Mantelsegment in den Vertikalfansch übergeht.

[0030] Eine Ausnehmung in dem Biegeabschnitt hat den besonderen Vorteil, dass der Biegeprozess optimiert wird, insbesondere indem die erforderlichen Biegekräfte reduziert werden. Darüber hinaus werden einstückig ausgebildete Windenergieanlagen-Stahlturmringsemente mit besonders großen Wandstärken durch eine derartige Ausnehmung erst ermöglicht, da die Biegekräfte bei hohen Wandstärken zu hoch sind. Die Ausnehmung kann beispielsweise mittels Fräsen und/oder Fugenhobeln hergestellt werden. Insbesondere ist es bevorzugt, dass die Ausnehmung in einem planen Ausgangsmaterial eingefügt wird und in einem anschließenden Verarbeitungsprozess das Ausgangsmaterial derart gebogen wird, dass ein Mantelsegment und ein Vertikalfansch entstehen, wobei die Ausnehmung in dem Biegeabschnitt verortet ist.

[0031] In einer besonders bevorzugten Fortbildung des Windenergieanlagen-Stahlturmringssegments ist vorgesehen, dass das Mantelsegment einen teilring-

förmigen Querschnitt aufweist, wobei eine Flächennormale des Querschnitts im Wesentlichen parallel zur Segmenthöhe ausgerichtet ist und der teilringförmige Querschnitt einen teilkreisförmigen Verlauf aufweist und/oder der teilringförmige Querschnitt durch zwei oder mehrere gerade Abschnitte ausgebildet wird, wobei die zwei oder mehreren geraden Abschnitte gewinkelt zueinander angeordnet sind. Die zuletzt genannte Variante mit den zwei oder mehreren geraden Abschnitten wird in der Praxis oftmals auch als abgewinkelte Variante bezeichnet.

[0032] Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass das Windenergieanlagen-Stahlturtringsegment mindestens ein Flanschsegment umfasst mit einem teilringförmigen Grundkörper, der sich von einem ersten Ende zu einem zweiten Ende in Ringrichtung erstreckt, mit einer Oberseite und einer der Oberseite gegenüberliegenden Unterseite, einer Innenumfangsfläche und einer Außenumfangsfläche, und einer ersten Grundkörperstoßseite am ersten Ende und einer zweiten Grundkörperstoßseite am zweiten Ende, einem Flanschvorsprung, welcher auf der Oberseite des Grundkörpers angeordnet ist und sich im Wesentlichen von dem ersten Ende zu dem zweiten Ende in Ringrichtung erstreckt, wobei das mindestens eine Flanschsegment an der ersten Horizontalstoßseite und/oder an der zweiten Horizontalstoßseite angeordnet ist und/oder anordenbar ist.

[0033] Gemäß einem weiteren Aspekt wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch einen Windenergieanlagen-Turmabschnitt, umfassend mindestens ein erstes Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment nach mindestens einer der im Vorherigen beschriebenen Ausführungsvarianten und ein zweites Windenergieanlagen-Stahlturtringsegment nach mindestens einer der im Vorherigen beschriebenen Ausführungsvarianten, wobei das erste Windenergieanlagen-Stahlturringsegment und das zweite Windenergieanlagen-Stahlturringsegment an mindestens einem im Wesentlichen vertikalen Stoß mit Vertikalfanschen aneinanderstoßen, und wobei das erste Windenergieanlagen-Stahlturringsegment und das zweite Windenergieanlagen-Stahlturringsegment an dem mindestens einen im Wesentlichen vertikalen Stoß miteinander verbunden sind.

[0034] Darüber hinaus wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch den Aspekt eines Windenergieanlagen-Turm, umfassend zwei oder mehrere übereinander angeordnete Windenergieanlagen-Turmabschnitte nach dem vorherigen Aspekt.

[0035] Gemäß einem weiteren Aspekt wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch einen Windenergieanlagen-Turm für eine Windenergieanlage, umfassend mindestens ein zuvor beschriebenes Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment, mindestens einen Laschen-Stahlturmbaabschnitt, auf-

weisend ein erstes Laschen-Stahlturmringsegment mit einer ersten Laschen-Vertikalstoßseite, ein zweites Laschen-Stahlturmringsegment mit einer zweiten Laschen-Vertikalstoßseite, ein Laschenelement, das an einem Stoß angeordnet ist und mit dem ersten Laschen-Stahlturmringsegment und dem zweiten Laschen-Stahlturmringsegment verbunden ist, wobei das erste Laschen-Stahlturmringsegment mit der ersten Laschen-Vertikalstoßseite und das zweite Laschen-Stahlturmringsegment mit der zweiten Laschen-Vertikalstoßseite an dem Stoß aneinander angeordnet sind, und wobei das Laschenelement ein von dem Laschenelement auskragendes Anschluss-element zur Anordnung von Funktionselementen aufweist, wobei vorzugsweise das Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment einer Turmspitze des Windenergieanlagen-Turms zugewandt und der Laschen-Stahlturmbaabschnitt der Turmspitze abgewandt angeordnet sind.

[0036] Der Laschen-Stahlturmbaabschnitt entspricht in seinen Ausgestaltungen und Details vorzugsweise dem in der deutschen Patentanmeldung „Windenergieanlagen-Stahlturmbaabschnitt für einen Windenergieanlagen-Turm und Verfahren zur Herstellung“ der selben Anmelderin vom 26. Juli 2017 beschriebenen Stahlturmbaabschnitt. Diese Anmeldung ist hierin durch Verweis vollständig einbezogen.

[0037] Der Windenergieanlagen-Turm mit mindestens einem zuvor beschriebenen Windenergieanlagen-Stahlturmringsegment und mindestens einem Laschen-Stahlturmbaabschnitt ermöglicht es, die Vorteile der beiden Ausgestaltungen miteinander zu kombinieren. Insbesondere in den Bereichen, in denen der Windenergieanlagen-Turm besonders hohen Belastungen ausgesetzt ist, was in der Regel im unteren Bereich der Fall ist, ist es bevorzugt, einen Laschen-Stahlturmbaabschnitt einzusetzen. Insbesondere in den Bereichen, in denen der Windenergieanlagen-Turm niedrigeren Belastungen ausgesetzt ist, was in der Regel im oberen Bereich der Fall ist, ist es bevorzugt, ein zuvor beschriebenes Stahlturmringsegment einzusetzen.

[0038] Ferner wird die eingangs genannte Aufgabe gelöst durch eine Windenergieanlage, umfassend einen Windenergieanlagen-Turm nach dem vorherigen Aspekt.

[0039] Die eingangs genannte Aufgabe wird darüber hinaus gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines Windenergieanlagen-Turmabschnitts, insbesondere eines Windenergieanlagen-Turmabschnitts nach dem vorherigen Aspekt, umfassend Bereitstellen mindestens eines ersten Windenergieanlagen-Stahlturmringssegments und eines zweiten Windenergieanlagen-Stahlturmringssegments, insbesondere eines ersten Windenergieanlagen-Stahlturmringssegments und eines zweiten Windenergie-

anlagen-Stahlturtringsegments nach mindestens einer der im Vorherigen beschriebenen Ausführungsvarianten, Anordnen des ersten Windenergieanlagen-Stahlturmingsegments und des zweiten Windenergieanlagen-Stahlturmingsegments an mindestens einem vertikalen Stoß mit jeweils einer der Vertikalstoßseiten, Verbinden des ersten Windenergieanlagen-Stahlturmingsegments und des zweiten Windenergieanlagen-Stahlturmingsegments an dem mindestens einen vertikalen Stoß durch Befestigen zweier benachbarter Vertikalfansche.

[0040] Insbesondere ist es bevorzugt, dass das Verfahren den Schritt umfasst Anordnen eines Funktionselements, beispielsweise einer Trageeinheit, an mindestens einem Anschlusselement.

[0041] Das erfindungsgemäße Verfahren und seine möglichen Fortbildungen weisen Merkmale bzw. Verfahrensschritte auf, die sie insbesondere dafür geeignet machen, für ein erfindungsgemäßes Windenergieanlagen-Stahlturmingsegment und seine Fortbildungen verwendet zu werden. Für weitere Vorteile, Ausführungsvarianten und Ausführungsdetails dieser weiteren Aspekte und ihrer möglichen Fortbildungen wird auch auf die zuvor erfolgte Beschreibung zu den entsprechenden Merkmalen und Fortbildungen des Windenergieanlagen-Stahlturmingsegments verwiesen.

[0042] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden beispielhaft anhand der beiliegenden Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: eine schematische, dreidimensionale Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform einer Windenergieanlage;

Fig. 2: eine schematische, zweidimensionale Ansicht zweier beispielhafter Ausführungsformen von Windenergieanlagen-Stahlturmringsegmenten;

Fig. 3: eine schematische, dreidimensionale Teilansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Windenergieanlagen-Stahlturmringsegmenten;

Fig. 4: eine weitere schematische, dreidimensionale Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Windenergieanlagen-Stahlturmringsegmenten;

Fig. 5: eine schematische, dreidimensionale stirnseitige Ansicht des Windenergieanlagen-Stahlturmingsegments aus **Fig. 4**;

Fig. 6: eine weitere schematische, dreidimensionale stirnseitige Ansicht des Windenergieanlagen-Stahlturmingsegments aus **Fig. 4**;

Fig. 7: eine weitere schematische, dreidimensionale stirnseitige Ansicht des in **Fig. 4** gezeigten Windenergieanlagen-Stahlturmingsegments;

Fig. 8: eine schematische, dreidimensionale Ansicht zweier beispielhafter Ausführungsformen von Windenergieanlagen-Stahlturmringsegmenten;

Fig. 9: eine schematische, dreidimensionale Teilansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Windenergieanlagen-Turmes;

Fig. 10: eine schematische dreidimensionale Teilansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Stahlturmingsegments mit einer Ausnehmung;

Fig. 11: eine schematische, dreidimensionale Teilansicht des Stahlturmingsegments aus **Fig. 10** mit einem entgegengesetzt umgekehrten Vertikalfansch;

Fig. 12: eine schematische, dreidimensionale Teilansicht eines Halbzeugs für in den **Fig. 10** und **Fig. 11** gezeigte Stahlturmingsegmente;

Fig. 13: eine schematische, dreidimensionale Teilansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Windenergieanlagen-Turmabschnitts;

Fig. 14: eine schematische, dreidimensionale Teilansicht eines Windenergieanlagen-Turmes;

Fig. 15: eine weitere schematische, dreidimensionale Teilansicht des Windenergieanlagen-Turmes aus **Fig. 14**;

Fig. 16: eine schematische, zweidimensionale Teilansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines weiteren Windenergieanlagen-Turmes.

[0043] In den Figuren sind gleiche oder im Wesentlichen funktionsgleiche bzw. -ähnliche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0044] **Fig. 1** zeigt eine schematische, dreidimensionale Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform einer Windenergieanlage. **Fig. 1** zeigt insbesondere eine Windenergieanlage **100** mit einem Turm **102** und einer Gondel **104**. An der Gondel **104** ist ein Rotor **106** mit drei Rotorblättern **108** und einem Spinner **110** angeordnet. Der Rotor **106** wird im Betrieb durch den Wind in eine Drehbewegung versetzt und treibt dadurch einen Generator an der Gondel **104** an. Der Turm **102** umfasst insbesondere eine Mehrzahl an Windenergieanlagen-Stahlturmingsegmenten mit an Vertikalfanschen angeordneten Anschlusselementen zur Anordnung von Funktionselementen.

[0045] **Fig. 2** zeigt eine schematische, zweidimensionale Ansicht zweier beispielhafter Ausführungsformen von Windenergieanlagen-Stahlturmingsegmenten. Das Mantelsegment **202** des Stahlturmingsegments **200** erstreckt sich von einer oberen

Horizontalstoßseite **204** zu einer unteren Horizontalstoßseite **206**. Im Wesentlichen orthogonal zu den Horizontalstoßseiten **204**, **206** sind die erste Vertikalstoßseite **208** und die zweite Vertikalstoßseite **210** angeordnet. An den Vertikalstoßseiten **208**, **210** sind hier lediglich angedeutet dargestellte Vertikalflansche angeordnet. In einem Abschnitt angrenzend an die erste Horizontalstoßseite **204** sind an der ersten Vertikalstoßseite **208** ein erstes Anschlusselement **212** und an der zweiten Vertikalstoßseite **210** ein zweites Anschlusselement **214** angeordnet.

[0046] Das Mantelsegment **222** des Stahlturmrings-segments **220** erstreckt sich ebenfalls von einer oberen Horizontalstoßseite **224** zu einer unteren Horizontalstoßseite **226** sowie zwischen einer ersten Vertikalstoßseite **228** zu einer zweiten Vertikalstoßseite **230**. Angrenzend an einen Abschnitt an die erste Horizontalstoßseite **224** sind an der ersten Vertikalstoßseite **228** ein erstes Anschlusselement **232** und ein drittes Anschlusselement **236** angeordnet. An der zweiten Vertikalstoßseite **230** sind ein zweites Anschlusselement **234** und ein vierter Anschlusselement **238** angeordnet. Das erste Anschlusselement **232** weist den gleichen Abstand von der oberen Horizontalstoßseite auf wie das zweite Anschlusselement **234**. Analog hierzu weist das dritte Anschlusselement **236** die gleiche Beabstandung zur oberen Horizontalstoßseite **224** wie das vierte Anschlusselement **238** auf.

[0047] Das erste Anschlusselement **232** und das zweite Anschlusselement **234** weisen eine flächige Erstreckung auf, die mehr als die doppelte Fläche des dritten Anschlusselementes **236** und des vierten Anschlusselementes **238** beträgt. An dem Stahl-turmringsegment **220** sind ferner ein fünftes und ein sechstes Anschlusselement **240**, **242** angeordnet, die in einem mittigen Abschnitt des Stahlurmringseg-ments **220** angeordnet sind. Auch die Anschlussele-mente **240**, **242** weisen jeweils die gleiche Beabstan-dung zur oberen Horizontalstoßseite **224**, aber eben-falls auch zur unteren Horizontalstoßseite **226** auf. In einem Abschnitt angrenzend an die untere Horizontalstoßseite **226** sind ferner ein siebtes Anschlusselement **244** und ein achtes Anschlusselement **246** angeordnet.

[0048] Fig. 3 zeigt eine schematische, dreidimen-sionale Teilansicht einer beispielhaften Ausführungs-form eines Windenergieanlagen-Stahlurmringseg-ments. Das Stahlurmringsegment **300** weist analog zu den im Vorherigen beschriebenen Stahlurmringseg-menten ein Mantelsegment **302** auf, das sich von einer oberen Horizontalstoßseite **304** zu einer hier nicht gezeigten unteren Horizontalstoßseite erstreckt und orthogonal zu dieser Erstreckungsrichtung sich von der ersten Vertikalstoßseite **308** zu der zweiten Vertikalstoßseite **310** erstreckt. An der ersten Vertikalstoßseite **308** ist ein erster Vertikalflansch **309**,

und an der zweiten Vertikalstoßseite **310** ist ein zweiter Vertikalflansch **311** angeordnet. Die Vertikalflan-sche **309**, **311** schließen jeweils einen Winkel mit dem Mantelsegment ein.

[0049] An dem ersten Vertikalflansch **309** sind integral ein erstes Anschlusselement **312** und ein drittes Anschlusselement **316** ausgebildet, wobei sich die Anschlusselemente **312**, **316** in die gleiche Rich-tung erstrecken wie der erste Vertikalflansch **309**. Analog hierzu sind an dem zweiten Vertikalflansch **311** ein zweites Anschlusselement **314** und ein vier-tes Anschlusselement **318** ausgebildet, die sich in die gleiche Richtung erstrecken wie der zweite Vertikal-flansch **311**. Die Anschlusselemente **312**, **314**, **316**, **318** weisen jeweils eine flächige Erstreckung auf, wobei deren Dicke in Dickenrichtung **D** auch als Mate-rialstärke bezeichnet werden kann. Die Dicke bzw. Materialstärke der Anschlusselemente **312**, **314**, **316**, **318**, der Vertikalflansche **309**, **311** sowie des Mantel-segments **302** ist im Wesentlichen gleich. Das Man-telsegment **302** weist ferner einen teilringförmigen Querschnitt auf, dessen Flächennormale im Wesent-lichen parallel zur Segmenthöhe in Segmenthöhen-richtung **H** ausgerichtet ist und der teilringförmige Querschnitt durch insgesamt acht gerade Abschnitte ausgebildet wird, wobei die acht geraden Abschnitte gewinkelt zueinander angeordnet sind und sich zu-dem in Ringrichtung **R** erstrecken, sodass der teilring-förmige Querschnitt entsteht.

[0050] Die Fig. 4 - Fig. 7 zeigen eine schematische, dreidimensionale Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Windenergieanlagen-Stahlurm-ringsegments. Das Stahlurmringsegment **400** weist ein Mantelsegment **402** auf, das sich von der obe-rem Horizontalstoßseite **404** zu der unteren Horizontalstoßseite **406** und von der orthogonal hierzu angeordneten ersten Vertikalstoßseite **408** zu der zweiten Vertikalstoßseite **410** erstreckt. An der oberen Horizontalstoßseite **404** ist ein oberer Horizonta-flansch **405** angeordnet, der angeordnet und aus-gebildet ist, das Stahlurmringsegment **400** mit ei-nem vertikal benachbarten weiteren Stahlurmringseg-ment zu verbinden. Analog hierzu ist an der unteren Horizontalstoßseite **406** ein unterer Horizonta-flansch **407** angeordnet. Der untere Horizonta-flansch **407** weist ferner Durchtrittsöffnungen auf, um das Stahlurmringsegment **400** mit einem vertikal be-nachbarten weiteren Stahlurmringsegment zu verbinden. Die Durchtrittsöffnungen des unteren Verti-kalflansches **407** sind doppelreihig ausgeführt, so-dass jeweils zwei radial voneinander beabstandet sind. Zwischen dieser radialen Beabstandung der Durchtrittsöffnungen ist das Mantelsegment **402** angeordnet. Daher sind also zum einen Durchtritts-öffnungen auf einer inneren Seite des Mantel-segments am Vertikalflansch **407** angeordnet und dar-über hinaus Durchtrittsöffnungen auf einer äu-ßereren

Seite in Bezug auf das Mantelsegment **402** am Vertikalflansch **407**.

[0051] Das Stahlturrringsegment **400** weist ferner an den Vertikalflanschen **409** und **411** eine Mehrzahl an Anschlusselementen **432** bis **450** auf. In einem Abschnitt angrenzend an die Horizontalstoßseite **404** sind ein erstes Anschlusselement **432** und ein drittes Anschlusselement **436** am ersten Vertikalflansch **409** angeordnet. Das erste Anschlusselement **432** und das dritte Anschlusselement **436** sind unmittelbar benachbart und weisen einen geringen Abstand zueinander auf. Analog hierzu sind das zweite Anschlusselement **434** und das vierte Anschlusselement **438** an dem zweiten Vertikalflansch **411** angeordnet. Am ersten Vertikalflansch **409** sind ferner das fünfte Anschlusselement **440**, das siebte Anschlusselement **444** sowie das neunte Anschlusselement **448** angeordnet, wobei das dritte Anschlusselement **436**, das fünfte Anschlusselement **440**, das siebte Anschlusselement **444** und das neunte Anschlusselement **448** äquidistant zueinander angeordnet sind. Analog hierzu sind das vierte Anschlusselement **438**, das sechste Anschlusselement **442**, das achte Anschlusselement **446** und das zehnte Anschlusselement **450** am zweiten Vertikalflansch **411** angeordnet. Die an einem Vertikalflansch **409**, **411** angeordneten Anschlusselemente **432** - **450** können alternativ auch nicht äquidistant zueinander angeordnet sein. Die Anschlusselemente **432**, **434** weisen ferner eine gleiche Beabstandung zu der oberen Horizontalstoßseite **404** auf. Die Anschlusselemente **432**, **434** sind somit auf der gleichen Höhe angeordnet. Das gleiche gilt für die Anschlusselemente **436**, **438**, die Anschlusselemente **440**, **442**, die Anschlusselemente **444**, **446** und die Anschlusselemente **448**, **450**. Darüber hinaus können die Anschlusselemente jeweils unterschiedliche Beabstandungen zu der oberen Horizontalstoßseite **404** aufweisen, so dass keine zwei gegenüberliegenden Anschlusselemente vorhanden sind, die die gleiche Beabstandung zu der oberen Horizontalstoßseite **404** aufweisen.

[0052] Fig. 8 zeigt eine schematische, dreidimensionale Ansicht zweier beispielhafter Ausführungsformen von Windenergieanlagen-Stahlturrringsegmenten. Das erste Stahlturrringsegment **500** weist ein Mantelsegment **502** auf, das sich von der oberen Horizontalstoßseite **504** zu der unteren Horizontalstoßseite **506** erstreckt. An den Vertikalstoßseiten sind analog zu den im Vorherigen beschriebenen Figuren Vertikalflansche angeordnet, an denen wiederum Anschlusselemente ausgebildet sind. An dem ersten Stahlturrringsegment **500** sind zwischen den auf gleicher Höhe angeordneten Anschlusselementen des ersten und des zweiten Vertikalflansches Tragbalken angeordnet, an denen ein Kabelleiter **501** angeordnet ist. Die Anordnung des Tragbalkens kann insbesondere der Ausbildung des zweiten Stahlturrringsegments **510** entnommen werden, das sich mit

seinem Mantelsegment **512** ebenfalls von einer oberen Horizontalstoßseite **514** zu einer unteren Horizontalstoßseite **516** erstreckt und bei dem sich ein Tragbalken **519** von einem ersten Anschlusselement zu einem zweiten Anschlusselement **518** erstreckt.

[0053] Fig. 9 zeigt eine schematische, dreidimensionale Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Turmes. Der Turm **550** weist insgesamt acht Stahlturrringsegmente auf, die an vertikalen Stößen **551** mit ihren Vertikalstoßseiten aneinanderstoßen und dort mit ihren Vertikalflanschen miteinander befestigt werden. Ferner ist die Anordnung eines Kabelleiters **501** gezeigt, welcher mittels eines Tragbalkens, welcher an Anschlusselementen **553** angeordnet ist, befestigt ist. Weitere Tragbalken sind beispielsweise an dem Anschlusselement **554** angeordnet. Ferner erstreckt sich ein Podest **552** in horizontaler Richtung.

[0054] In den Fig. 10 bis Fig. 12 werden Stahlturrringsegmente **600** mit einem Mantelsegment **612** und einem ersten Vertikalflansch **609** an der ersten Vertikalstoßseite **608** des Stahlturrringsegments **600** gezeigt. Die Perspektive in den Fig. 10 bis Fig. 12 ist derart gewählt, dass die obere Horizontalstoßseite **614** ersichtlich ist. Insbesondere kann den Fig. 10 bis Fig. 12 eine Ausnehmung **620** entnommen werden, die in einem Biegeabschnitt, vorzugsweise entlang einer Biegelinie, im Übergang zwischen dem Mantelsegment **612** und dem ersten Vertikalflansch **609** angeordnet ist. In der Fig. 12 ist das Ausgangsmaterial für den Biegevorgang zur Herstellung eines Stahlturrringsegments **600** mit einem Mantelsegment **612** und einem ersten Vertikalflansch **609** gezeigt. In dem zukünftigen Biegebereich zwischen dem Mantelsegment **612** und dem ersten Vertikalflansch **609** ist hier eine als Fuge ausgebildete Ausnehmung **620** angeordnet, durch die die Materialstärke zumindest abschnittsweise im Biegebereich reduziert ist. In der in Fig. 12 gezeigten Ausführungsvariante würde dieser erste Vertikalflansch **609** in der dargestellten Ausgangslage mit dem Uhrzeigersinn nach oben gebogen werden. Durch die Ausnehmung **620** wäre der Biegevorgang vereinfacht. In der in Fig. 11 gezeigten Ausführungsvariante ist der Vertikalflansch **609** relativ zu dem Mantelsegment **612** entgegen dem Uhrzeigersinn gebogen. Die Ausnehmung **620** ist eine einfache und kostengünstig herstellbare Möglichkeit zur Reduzierung der Biegekräfte, um ein Stahlturrringsegment **600** gemäß den Fig. 10 und Fig. 11 herzustellen.

[0055] In Fig. 13 ist eine alternative Anordnung der Anschlusselemente **714**, **724** gezeigt. Die Mantelsegmente **710**, **720** sind zu einem Windenergieanlagen-Turmabschnitt **700** angeordnet, wobei die Mantelsegmente **710**, **720** an einem im Wesentlichen vertikalen Stoß mit ihren Vertikalflanschen **712**, **714** aneinanderstoßen und an dem vertikalen Stoß mitein-

ander verbunden sind. Das Anschlussselement 714 kragt von dem ersten Vertikalfansch 712 und das Anschlussselement 724 kragt von dem zweiten Vertikalfansch 714 aus. Der erste Vertikalfansch 712 und das Anschlussselement 714 schließen einen ungleichen Winkel mit dem Mantelsegment 710 ein. Das Anschlussselement 714 erstreckt sich somit nicht in die gleiche Richtung wie der Vertikalfansch 712 von dem Mantelsegment 710 hinweg. Das Anschlussselement 724 ist analog hierzu angeordnet. Derartige Anschlusslemente sind vor allem durch die weitere Abkantung insbesondere für Trägerauflager vorgesehen, bei denen eine zusätzliche Abkantung der Anschlusslemente zu den Vertikalfanschen vorteilhaft ist. Die Trägerauflager sind ausgebildet und angeordnet, Träger aufzunehmen. Die Träger können beispielsweise als Balkenelemente ausgebildet sein. An den Trägern kann eine Plattform im Inneren des Turmes angeordnet werden.

[0056] Die **Fig. 14** und **Fig. 15** zeigen eine schematische, dreidimensionale Teilansicht eines Windenergieanlagen-Turmes. Der Turm 800 umfasst insgesamt acht Stahlturmringsegmente, von denen das erste Stahlturmringsegment 810, das zweite Stahlturmringsegment 820, das dritte Stahlturmringsegment 830 und das vierte Stahlturmringsegment 840 gezeigt sind. An der oberen Horizontalstoßseite der Stahlturmringsegmente 810, 820, 830, 840 ist jeweils ein oberer Horizontalflansch 812, 822, 832, 842 angeordnet, der ausgebildet ist, die Stahlturmringsegmente 810, 820, 830, 840 mit einem, zwei oder mehreren vertikal benachbarten Turmsegmenten, insbesondere Stahlturmringsegmenten, zu verbinden. Das erste Stahlturmringsegment 810 und das zweite Stahlturmringsegment 820 sind mit einem Laschenelement 815 miteinander verbunden, wobei das Laschenelement 815 als gewinkelte Platte ausgeführt ist und mit dem ersten Stahlturmringsegment 810 und dem zweiten Stahlturmringsegment 820 verschraubt ist. Die weiteren Stahlturmringsegmente sind analog mittels Laschenelementen 825, 845 verbunden. Der Turm 800 weist darüber hinaus eine Plattform 854 auf, die durch mehrere Träger 852 gestützt wird. Der Träger 852 ist mittels eines ersten Trägerauflagers 850 und eines in etwa diametral zu diesem angeordneten zweiten Trägerauflagers 850 am Turm 800 befestigt.

[0057] **Fig. 16** zeigt eine schematische, zweidimensionale Teilansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines weiteren Windenergieanlagen-Turmes. Der Turm 900 umfasst einen oberen Turmabschnitt 902, der einer Turmspitze des Turmes 900 zugewandt ist, und einen unteren Turmabschnitt 904, der der Turmspitze des Turmes 900 abgewandt ist. Der obere Turmabschnitt 902 und der untere Turmabschnitt 904 stoßen an einem Horizontalstoß 905 aneinander und sind im Bereich des Horizontalstoßes 905 miteinander verbunden.

[0058] Der obere Turmabschnitt 902 umfasst ein erstes Stahlturmringsegment 910 mit einer ersten Vertikalstoßseite und zweites Stahlturmringsegment 920 mit einer zweiten Vertikalstoßseite. Das erste Stahlturmringsegment 910 und das zweite Stahlturmringsegment 920 sind horizontal benachbart zueinander angeordnet. Das erste Stahlturmringsegment 910 und das zweite Stahlturmringsegment 920 stoßen mit ihren Vertikalstoßseiten an einem oberen Vertikalstoß 915 aneinander.

[0059] An dem ersten Stahlturmringsegment 910 ist an der ersten Vertikalstoßseite ein erster Vertikalfansch 912 angeordnet. Analog ist an dem zweiten Stahlturmringsegment 920 an der zweiten Vertikalstoßseite ein zweiter Vertikalfansch 922 angeordnet. Die Vertikalfansche 912, 922 schließen jeweils einen Winkel mit den wandausbildenden Abschnitten der Stahlturmringsegmente 910, 920 ein. An den Vertikalfanschen 912, 922 sind nicht gezeigte, horizontal ausgerichtete Durchtrittsöffnungen angeordnet. Die Durchtrittsöffnungen sind insbesondere derart angeordnet und ausgebildet, dass die Vertikalfansche 912, 922 mittels Befestigungselementen miteinander verbindbar sind. Durch eine Verbindung der Vertikalfansche 912, 922 miteinander erfolgt auch eine Verbindung der Stahlturmringsegmente 910, 920 miteinander.

[0060] An dem ersten Vertikalfansch 912 sind ein erstes Anschlussselement 914 und ein zweites Anschlussselement 916 ausgebildet, die ausgehend von dem ersten Vertikalfansch 912 auskragen. Die Anschlusslemente 914, 916 sowie auch alle weiteren im Folgenden beschriebenen Anschlusslemente sind insbesondere zur Anordnung von Funktionselementen angeordnet und ausgebildet. An dem zweiten Vertikalfansch 922 sind ebenfalls zwei Anschlusslemente 924, 926 ausgebildet, die vom zweiten Vertikalfansch 922 auskragen.

[0061] Der untere Turmabschnitt 904 ist insbesondere als Laschen-Stahlurmabschnitt ausgebildet, wobei das erste und zweite Laschen-Stahlurmsegment des Laschen-Stahlurmabschnitts im folgenden als drittes Stahlurmsegment 930 und ein viertes Stahlurmsegment 940 bezeichnet werden. Das dritte Stahlurmsegment 930 und das vierte Stahlurmsegment 940 stoßen an einem unteren Vertikalstoß 925 jeweils mit ihren Vertikalstoßseiten aneinander. An dem unteren Vertikalstoß 925 ist ein Laschenelement 906 angeordnet, welches mit dem dritten Stahlurmsegment 930 und dem vierten Stahlurmsegment 940 verbunden ist. Die Verbindung ist insbesondere mit Befestigungselementen 932, 942 realisiert, wobei die vertikale Beabstandung der Befestigungselemente in einem Mittenabschnitt des Laschenlements 906 größer ist als in den zwei Endabschnitten des Laschenlements 906. In den Endabschnitten des Laschenlements 906 ist

die vertikale Beabstandung der Befestigungselemente vielmehr so gering wie möglich gewählt. Das dritte Stahlturmgringsegment **930** und das vierte Stahlturmgringsegment **940** werden somit am unteren Vertikalstoß **925** durch das Laschenelement **906** miteinander verbunden und zusammengehalten. Der untere Turmabschnitt **904** weist ebenfalls Anschlusselemente **934, 944** auf, wobei das Laschenelement **906** die Anschlusselemente **934, 944** aufweist. Die Anschlusselemente **934, 944** kragen von dem Laschenelement **906** aus.

[0062] Durch an Vertikalflanschen **309, 311, 409, 411** angeordnete Anschlusselemente **212, 214, 230** bis **246, 312** bis **318, 432** bis **450, 554, 453** wird die Qualität eines Windenergieanlagen-Turmes **550** sowie die Kosten zur Fertigung und Montage reduziert. Es hat sich ferner gezeigt, dass sich durch die Anschlusselemente **212, 214, 230** bis **246, 312** bis **318, 432** bis **450, 554, 453** die Arbeitssicherheit bei der Montage eines Windenergieanlagen-Turmes **550** erhöht. Die Kostenreduktion tritt zum einen dadurch ein, dass die Anschlusselemente **212, 214, 230** bis **246, 312** bis **318, 432** bis **450, 554, 453** bereits ab Werk an den Vertikalflanschen **309, 311, 409, 411** angeordnet werden können. Darüber hinaus ist die Montage der einzelnen Stahlturmgringsegmente **200, 220, 300, 400, 500, 510** besonders vereinfacht, da diese im Wesentlichen keinen Verzug durch die Einbringung von Wärme, beispielsweise durch Schweißen, erfahren. Somit vereinfacht sich die Montage für die Monteure auf der Baustelle, wobei insbesondere keine verzogenen Stahlturmgringsegmente **200, 220, 300, 400, 500, 510** mehr miteinander verbunden werden müssen. Darüber hinaus ist die Anordnung unterschiedlichster Funktionselemente innerhalb eines Turmes **550** bzw. eines aufzubauenden Turmes vereinfacht, sodass ebenfalls die Montagezeit reduziert werden kann.

Bezugszeichenliste

100	Windenergieanlage	212	erstes Anschlusselement
102	Turm	214	zweites Anschlusselement
104	Gondel	220	Stahlturmgringsegment
106	Rotor	222	Mantelsegment
108	Rotorblätter	224	obere Horizontalstoßseite
110	Spinner	226	untere Horizontalstoßseite
200	Stahlturmgringsegment	228	erste Vertikalstoßseite
202	Mantelsegment	230	zweite Vertikalstoßseite
204	obere Horizontalstoßseite	232	erstes Anschlusselement
206	untere Horizontalstoßseite	234	zweites Anschlusselement
208	erste Vertikalstoßseite	236	drittes Anschlusselement
210	zweite Vertikalstoßseite	238	viertes Anschlusselement
		240	fünftes Anschlusselement
		242	sechstes Anschlusselement
		244	siebtes Anschlusselement
		246	achttes Anschlusselement
		300	Stahlturmgringsegment
		302	Mantelsegment
		304	obere Horizontalstoßseite
		308	erste Vertikalstoßseite
		309	erster Vertikalflansch
		310	zweite Vertikalstoßseite
		311	zweiter Vertikalflansch
		312	erstes Anschlusselement
		314	zweites Anschlusselement
		316	drittes Anschlusselement
		318	viertes Anschlusselement
		400	Stahlturmgringsegment
		402	Mantelsegment
		404	obere Horizontalstoßseite
		405	oberer Horizontalflansch
		406	untere Horizontalstoßseite
		407	unterer Horizontalflansch
		408	erste Vertikalstoßseite
		409	erster Vertikalflansch
		410	zweite Vertikalstoßseite
		411	zweiter Vertikalflansch
		432	erstes Anschlusselement
		434	zweites Anschlusselement
		436	drittes Anschlusselement

438	viertes Anschlusselement	830	drittes Stahlturmringsegment
440	fünftes Anschlusselement	832	dritter oberer Horizontalflansch
442	sechstes Anschlusselement	840	viertes Stahlturmringsegment
444	siebtes Anschlusselement	842	vierter oberer Horizontalflansch
446	achttes Anschlusselement	845	viertes Laschenelement
448	neuntes Anschlusselement	850	erstes Trägerauflager
450	zehntes Anschlusselement	851	zweites Trägerauflager
500	erstes Stahlturmringsegment	852	Träger
501	Kabelleiter	854	Plattform
502	Mantelsegment	900	Turm
504	obere Horizontalstoßseite	902	oberer Turmabschnitt
506	untere Horizontalstoßseite	904	unterer Turmabschnitt
510	zweites Stahlturmringsegment	905	Horizontalstoß
512	Mantelsegment	906	Laschenelement
514	obere Horizontalstoßseite	910	erstes Stahlturmringsegment
516	untere Horizontalstoßseite	912	erster Vertikalflansch
518	Anschlusselement	914	erstes Anschlusselement
519	Tragbalken	915	oberer Vertikalstoß
550	Turm	916	zweites Anschlusselement
551	vertikaler Stoß	920	zweites Stahlturmringsegment
552	Podest	922	zweiter Vertikalflansch
553	Anschlusselement	924	drittes Anschlusselement
554	Anschlusselement	925	unterer Vertikalstoß
600	Stahlturmringsegment	926	viertes Anschlusselement
608	erste Vertikalstoßseite	930	drittes Stahlturmringsegment
609	erster Vertikalflansch	932	Befestigungselement
612	Mantelsegment	934	fünftes Anschlusselement
614	obere Horizontalstoßseite	940	viertes Stahlturmringsegment
620	Ausnehmung	942	Befestigungselement
700	Windenergieanlagen-Turmsegment	944	sechstes Anschlusselement
710, 720	Mantelsegment	H	Segmenthöhe
712, 722	Vertikalflansch	D	Segmentdicke
714, 724	Anschlusselement	R	Ringrichtung
800	Turm		
810	erstes Stahlturmringsegment		
812	erster oberer Horizontalflansch		
815	erstes Laschenelement		
820	zweites Stahlturmringsegment		
822	zweiter oberer Horizontalflansch		
825	zweites Laschenelement		

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

- DE 102011077428 A1 [0006]
- DE 102005012497 A1 [0006]

Patentansprüche

1. Windenergieanlagen-Stahlturrringsegment für einen Windenergieanlagen-Turm, umfassend

- ein Mantelsegment mit einer Erstreckung in Richtung einer Segmenthöhe, einer Segment-Ringrichtung und einer Segmentdicke mit
 - einer ersten Horizontalstoßseite und einer zweiten Horizontalstoßseite,
 - einer ersten Vertikalstoßseite und einer zweiten Vertikalstoßseite,
- wobei an der ersten Vertikalstoßseite ein erster Vertikalfansch angeordnet ist und/oder an der zweiten Vertikalstoßseite ein zweiter Vertikalfansch angeordnet ist, wobei der erste Vertikalfansch und/oder der zweite Vertikalfansch einen Winkel mit dem Mantelsegment einschließt bzw. einschließen,
- wobei an dem ersten Vertikalfansch und/oder an dem zweiten Vertikalfansch mindestens ein Anschlusselement zur Anordnung von Funktionselementen ausgebildet ist, wobei das Anschlusselement ausgehend von dem ersten Vertikalfansch und/oder dem zweiten Vertikalfansch auskragt.

2. Windenergieanlagen-Stahlturrringsegment nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei

- der erste Vertikalfansch und/oder der zweite Vertikalfansch und das Anschlusselement den gleichen Winkel mit dem Mantelsegment einschließen, und/oder
- das Anschlusselement einen Anschlusswinkel mit dem Mantelsegment einschließt, der verschieden ist von einem Flanschwinkel, den der erste Vertikalfansch und/oder der zweite Vertikalfansch mit dem Mantelsegment einschließt bzw. einschließen.

3. Windenergieanlagen-Stahlturrringsegment nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- sich das Anschlusselement in Richtung einer Anschlusshöhe, einer Anschlussbreite und einer Anschlussdicke erstreckt, und/oder
- das Anschlusselement durch die Erstreckung in Richtung der Anschlusshöhe und der Anschlussbreite eine im Wesentlichen flächige Erstreckung aufweist,
- wobei vorzugsweise die flächige Erstreckung im Wesentlichen rechteckig ist.

4. Windenergieanlagen-Stahlturrringsegment nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- die Erstreckung des Anschlusselementes in Richtung der Anschlusshöhe um ein Vielfaches geringer ist als eine Erstreckung des Mantelsegments in Richtung der Segmenthöhe, und
- vorzugsweise die Erstreckung des Anschlusselementes in Richtung der Anschlusshöhe kleiner 20%, und/oder kleiner 15%, und/oder kleiner 10%, und/oder kleiner 5%, und/oder kleiner 2%, und/oder klei-

ner 1%, und/oder kleiner 0,1% der Erstreckung des Mantelsegments in Richtung der Segmenthöhe ist.

5. Windenergieanlagen-Stahlturrringsegment nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die flächige Erstreckung des Anschlusselements eine Flächennormale aufweist, wobei die Flächennormale in Richtung der Segmenthöhe und/oder der Segment-Ringrichtung und/oder in Richtung der Segmentdicke ausgerichtet ist.

6. Windenergieanlagen-Stahlturrringsegment nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Anschlussdicke und eine Flanschdicke die gleiche Abmessung aufweisen.

7. Windenergieanlagen-Stahlturrringsegment nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend ein erstes Anschlusselement und ein zweites Anschlusselement, wobei

- das erste Anschlusselement an dem ersten Vertikalfansch und das zweite Anschlusselement an dem zweiten Vertikalfansch angeordnet ist, wobei
- das erste Anschlusselement und das zweite Anschlusselement die gleiche Beabstandung zu der ersten Horizontalstoßseite und/oder der zweiten Horizontalstoßseite aufweisen.

8. Windenergieanlagen-Stahlturrringsegment nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend ein drittes Anschlusselement und ein viertes Anschlusselement, wobei

- die Fläche der flächigen Erstreckung des ersten Anschlusselementes und des zweiten Anschlusselementes mehr als die zweifache Größe der Fläche der flächigen Erstreckung des dritten Anschlusselementes und des vierten Anschlusselementes aufweisen, und/oder
- das erste Anschlusselement und das dritte Anschlusselement am ersten Vertikalfansch angeordnet sind und das zweite Anschlusselement und das vierte Anschlusselement an dem zweiten Vertikalfansch angeordnet sind.

9. Windenergieanlagen-Stahlturrringsegment nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- das Mantelsegment und der erste Vertikalfansch und/oder das Mantelsegment und der zweite Vertikalfansch einstückig ausgebildet sind.

10. Windenergieanlagen-Stahlturrringsegment nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- das Mantelsegment einen teilringförmigen Querschnitt aufweist, wobei eine Flächennormale dieses Querschnitts im Wesentlichen parallel zur Segmenthöhe ausgerichtet ist, und
- der teilringförmige Querschnitt einen teilkreisförmigen Verlauf aufweist, und/oder

- der teilringförmige Querschnitt durch zwei oder mehrere gerade Abschnitte ausgebildet wird, wobei die zwei oder mehreren geraden Abschnitte gewinkelt zueinander angeordnet sind.

- Anordnen eines Funktionselements, beispielsweise einer Trageinheit, an mindestens einem Anschluss-element.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen

11. Windenergieanlagen-Turmabschnitt, umfassend

- mindestens ein erstes Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegment nach mindestens einem der An-sprüche 1-10 und ein zweites Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegment nach mindestens einem der Ansprüche 1-10,

- wobei das erste Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegment und das zweite Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegment an mindestens einem im We-sentlichen vertikalen Stoß mit Vertikalfanschen an-einanderstoßen, und

- wobei das erste Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegment und das zweite Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegment an dem mindestens einen im Wesentlichen vertikalen Stoß miteinander verbunden sind.

12. Windenergieanlagen-Turm, umfassend zwei oder mehrere übereinander angeordnete Windener-gieanlagen-Turmabschnitte nach dem vorhergehenden Anspruch.

13. Windenergieanlage, umfassend einen Wind-energieanlagen-Turm nach dem vorhergehenden Anspruch.

14. Verfahren zur Herstellung eines Windenergie-anlagen-Turmabschnitts, insbesondere eines Wind-energieanlagen-Turmabschnitts nach Anspruch 11, umfassend

- Bereitstellen mindestens eines ersten Windenergie-anlagen-Stahl-turmringsegments und eines zweiten Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegments, insbe-sondere eines ersten Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegments und eines zweiten Windenergie-anlagen-Stahl-turmringsegments nach mindestens ei-nem der Ansprüche 1-10,

- Anordnen des ersten Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegments und des zweiten Windenergiean-lagen-Stahl-turmringsegments an mindestens einem vertikalen Stoß mit jeweils einer der Vertikalstoßsei-ten,

- Verbinden des ersten Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegments und des zweiten Windenergiean-lagen-Stahl-turmringsegments an dem mindestens ei-nen vertikalen Stoß durch Befestigen zweier benach-barter Vertikalfansche.

15. Verfahren nach dem vorhergehenden An-spruch, umfassend

Anhängende Zeichnungen

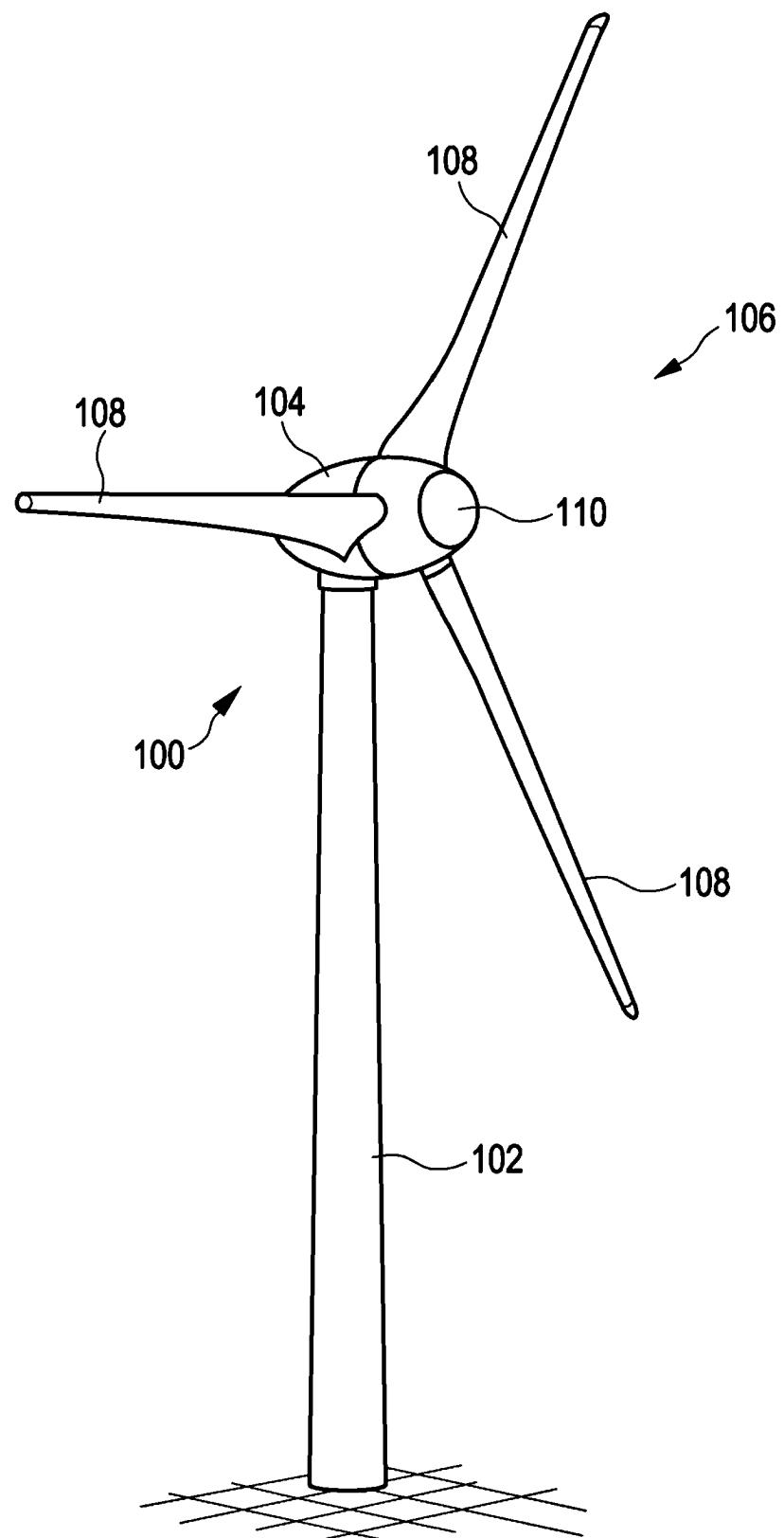


Fig. 1

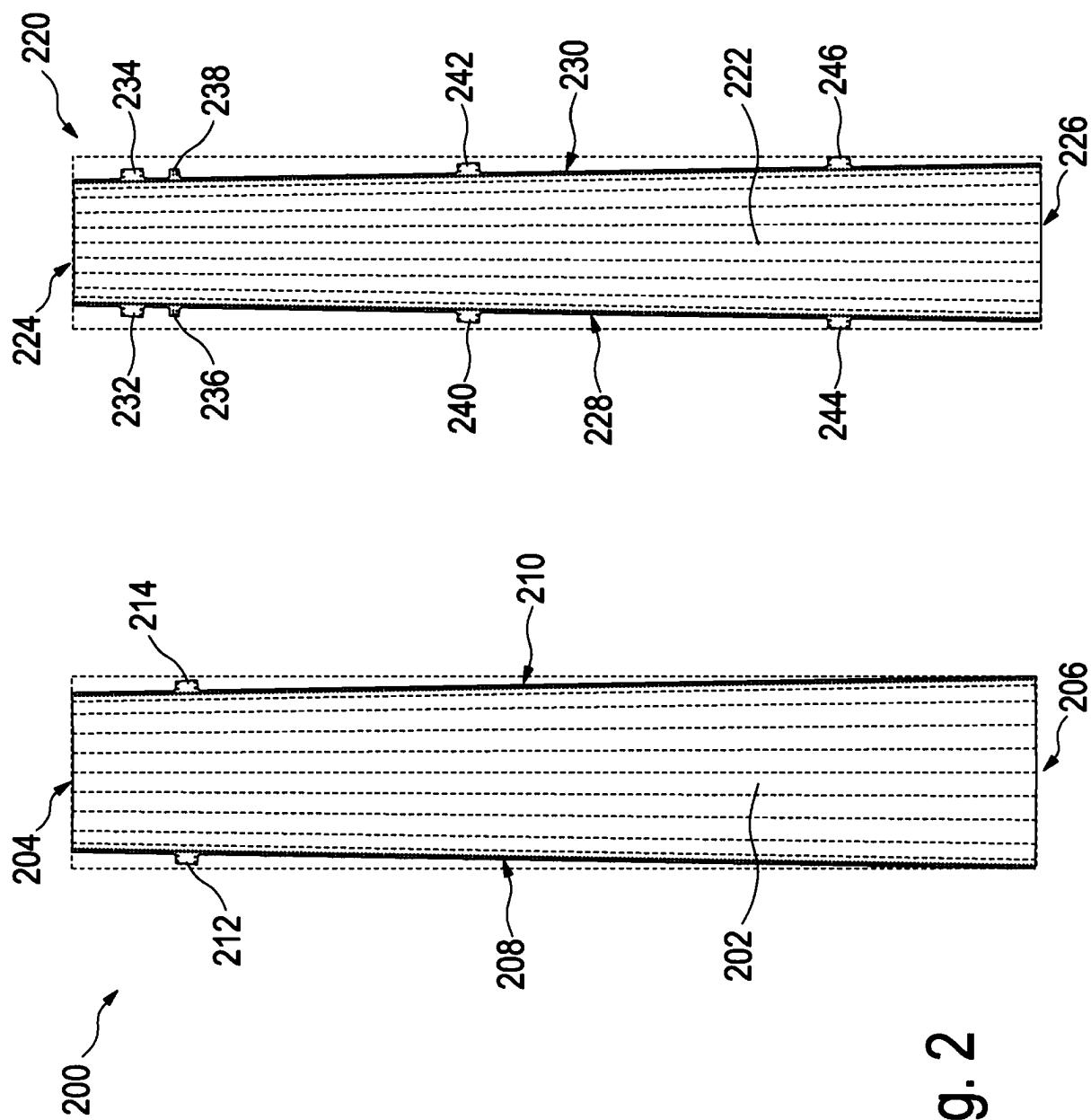


Fig. 2

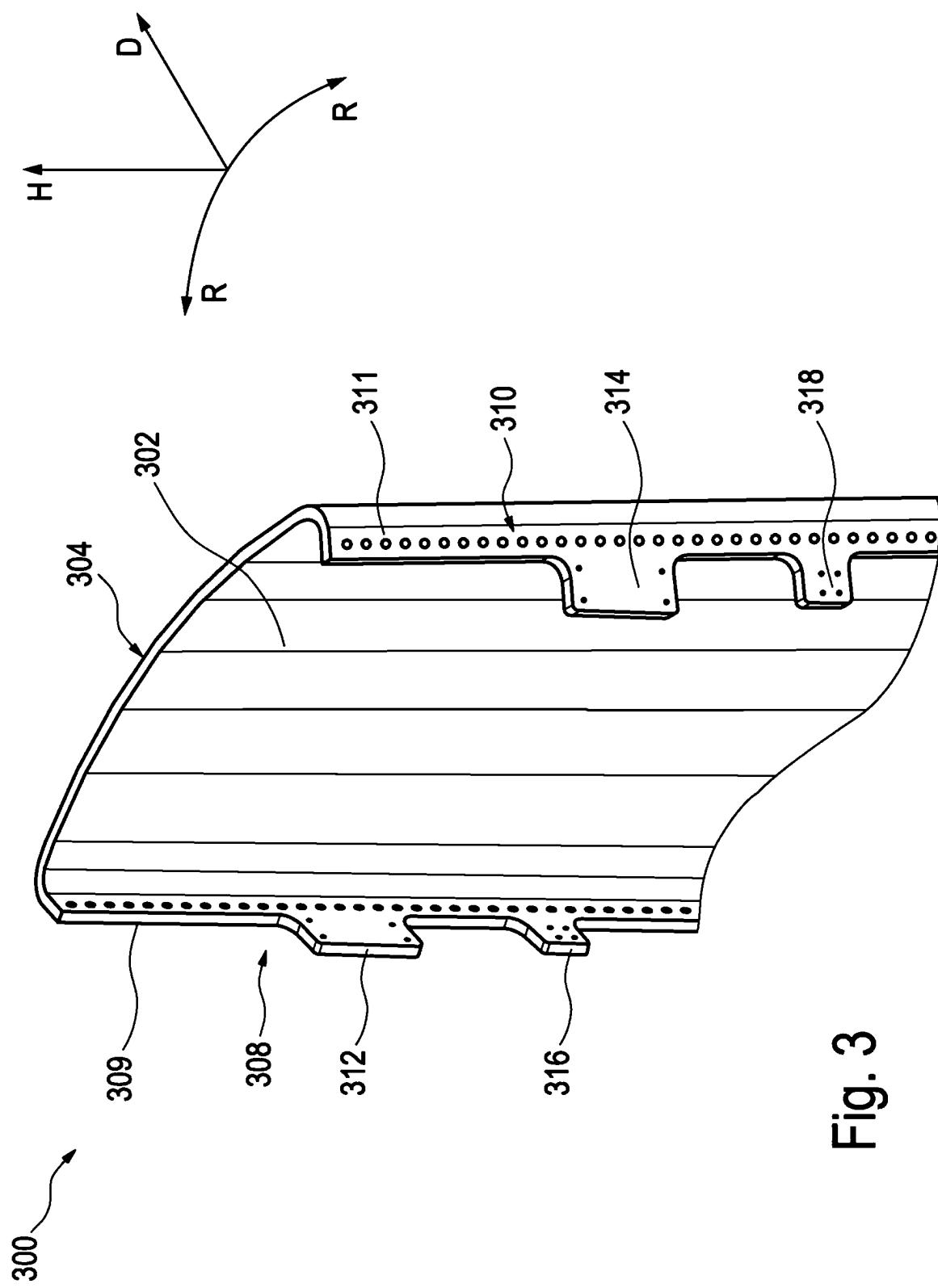


Fig. 3

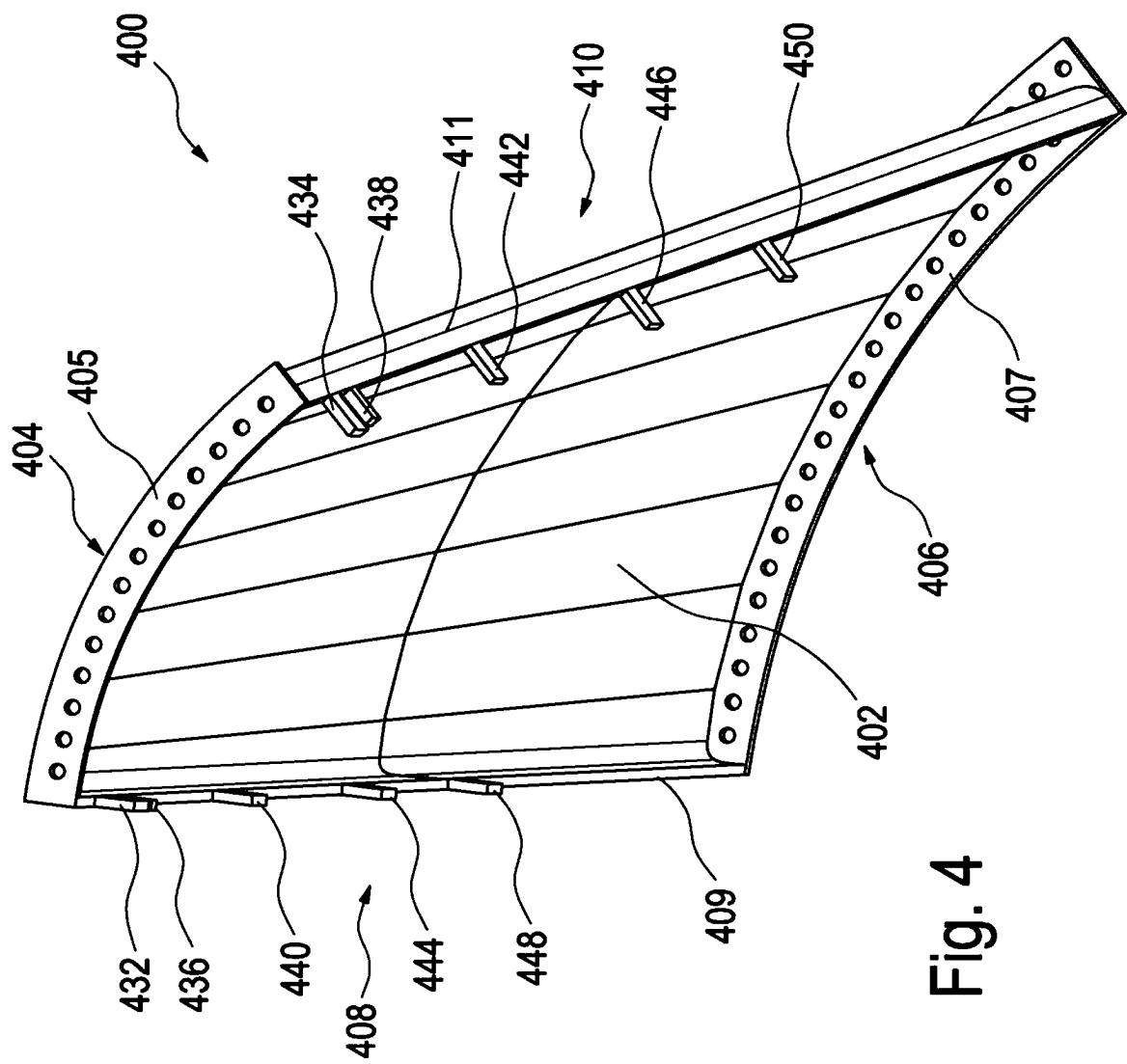


Fig. 4

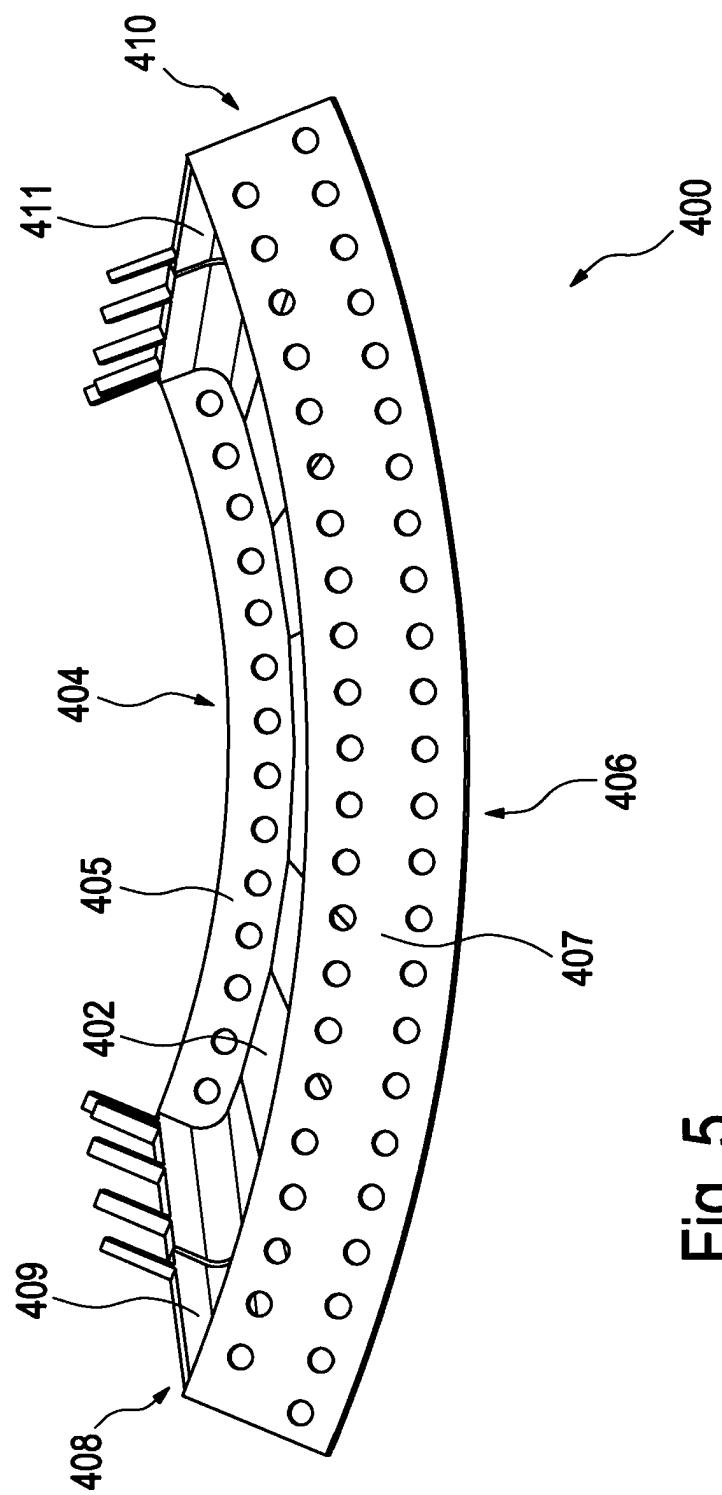


Fig. 5

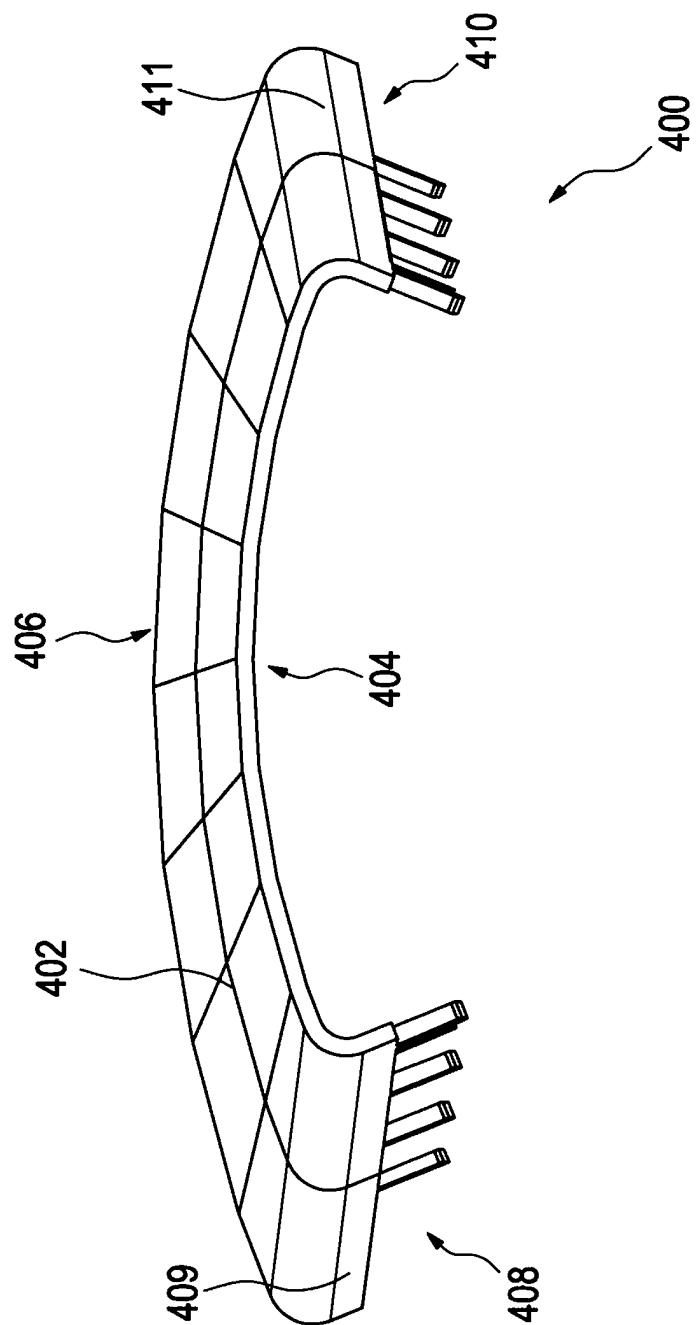


Fig. 6

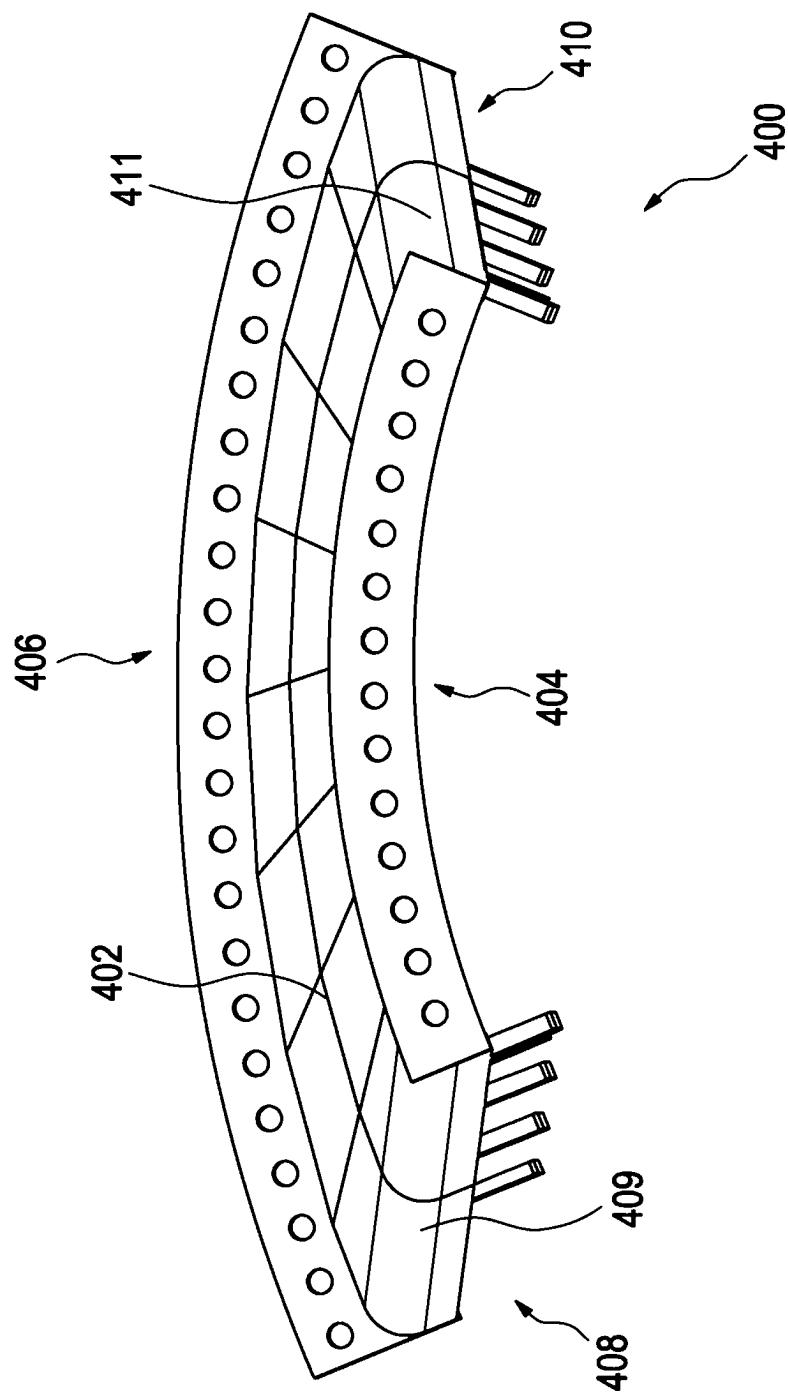


Fig. 7

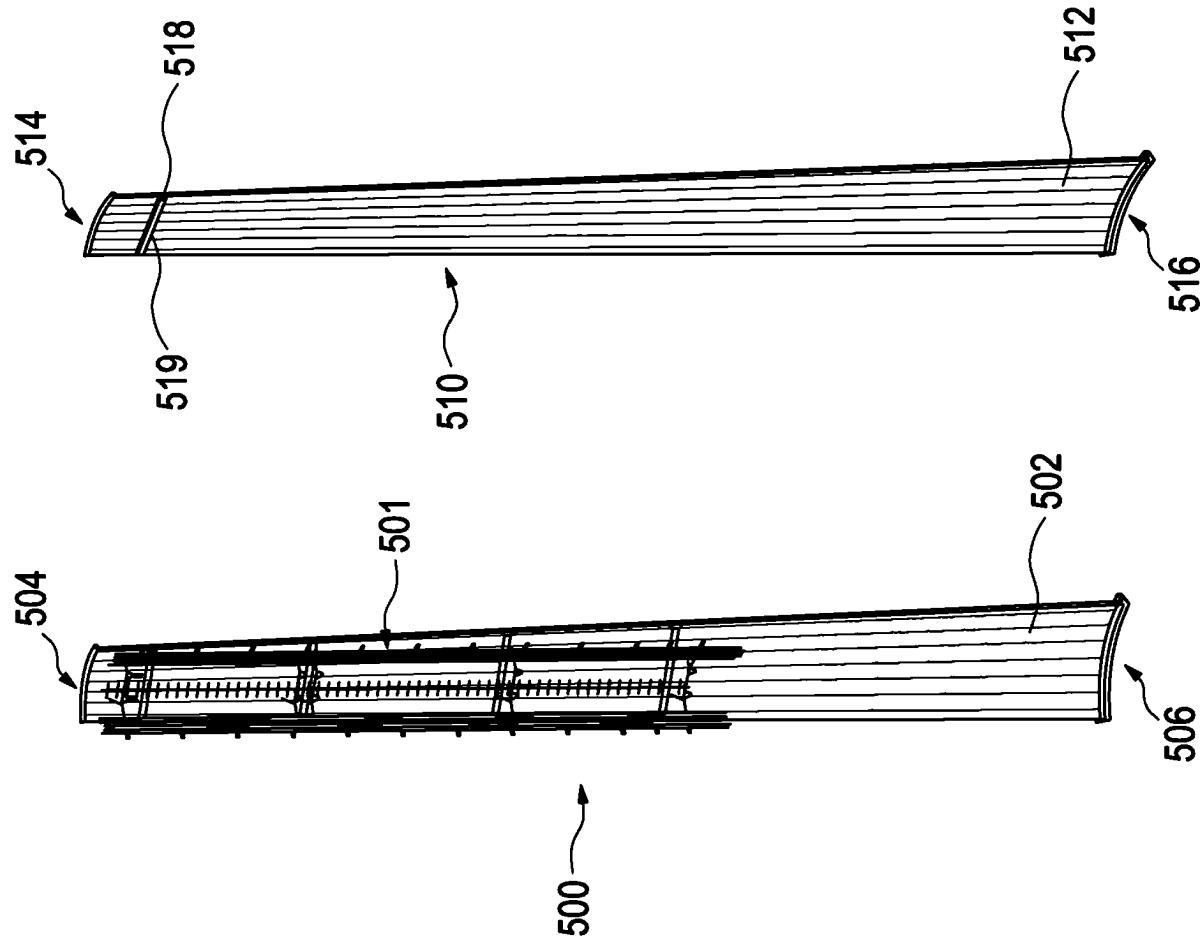


Fig. 8

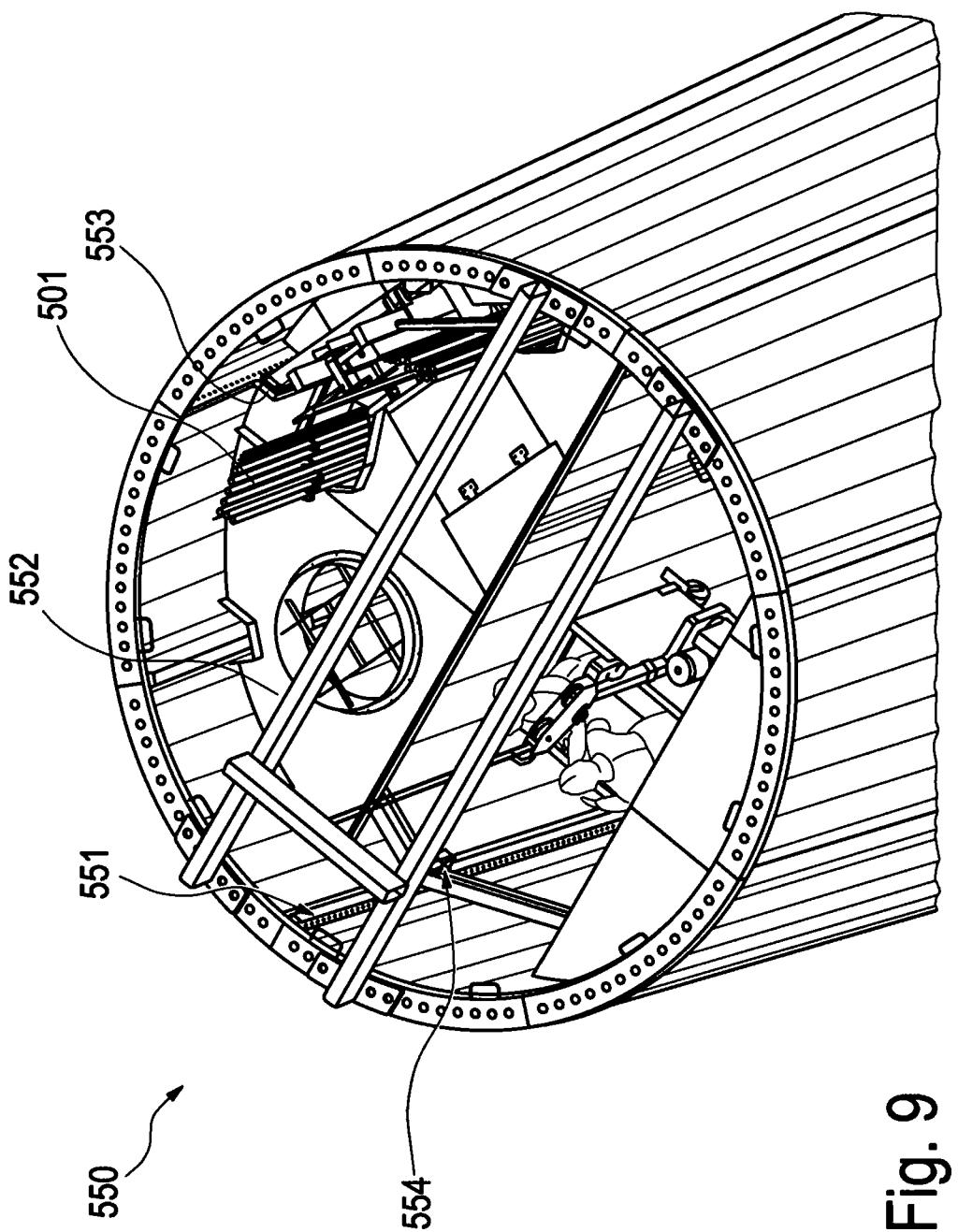


Fig. 9

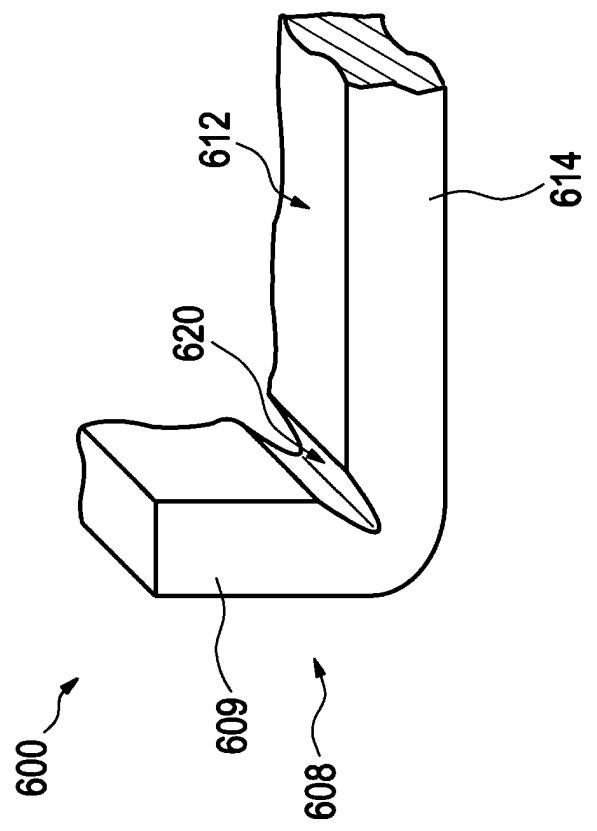


Fig. 10

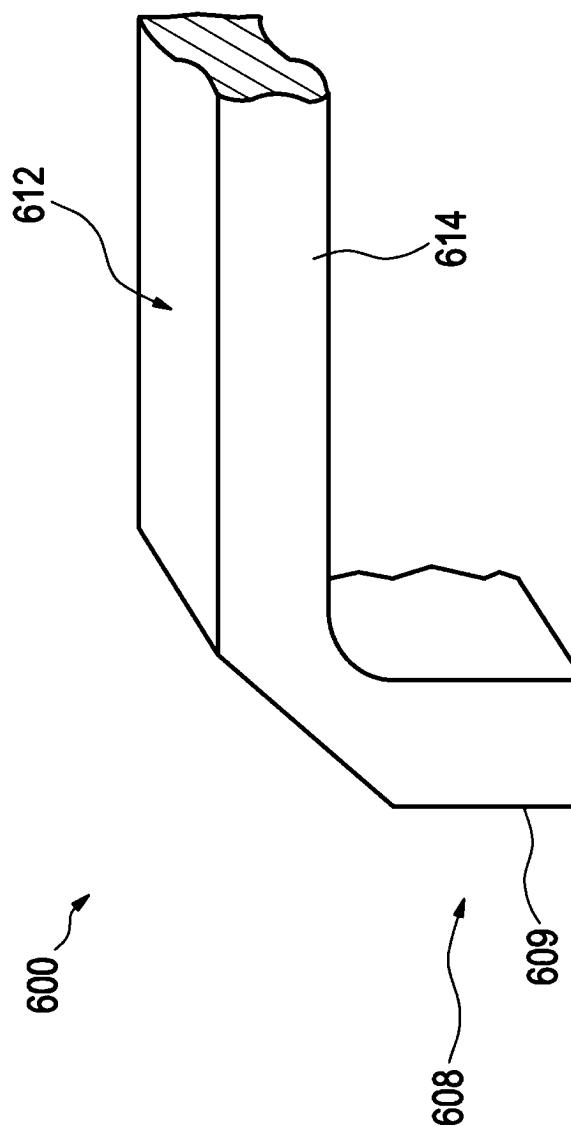


Fig. 11

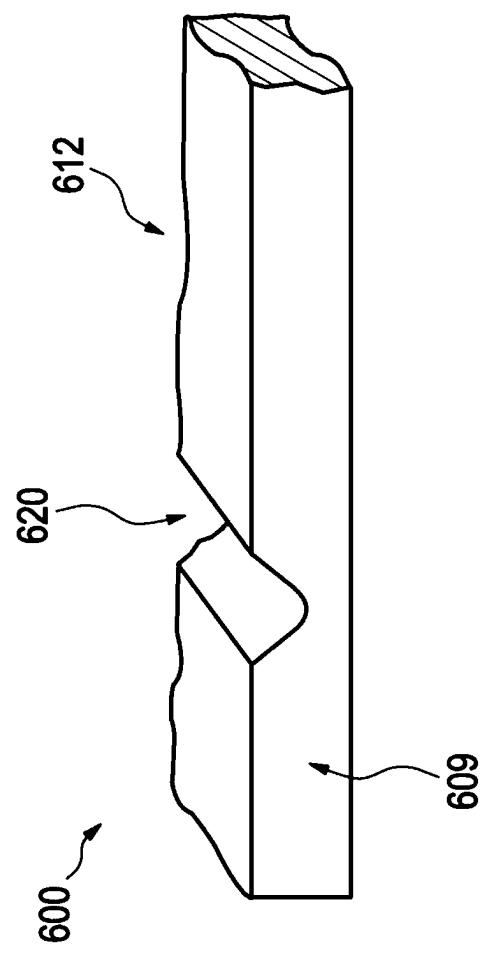


Fig. 12

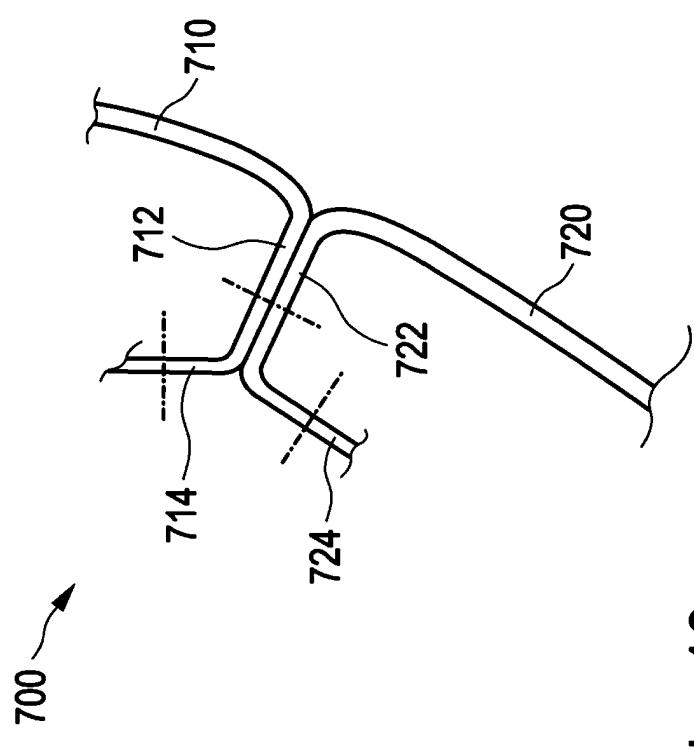


Fig. 13

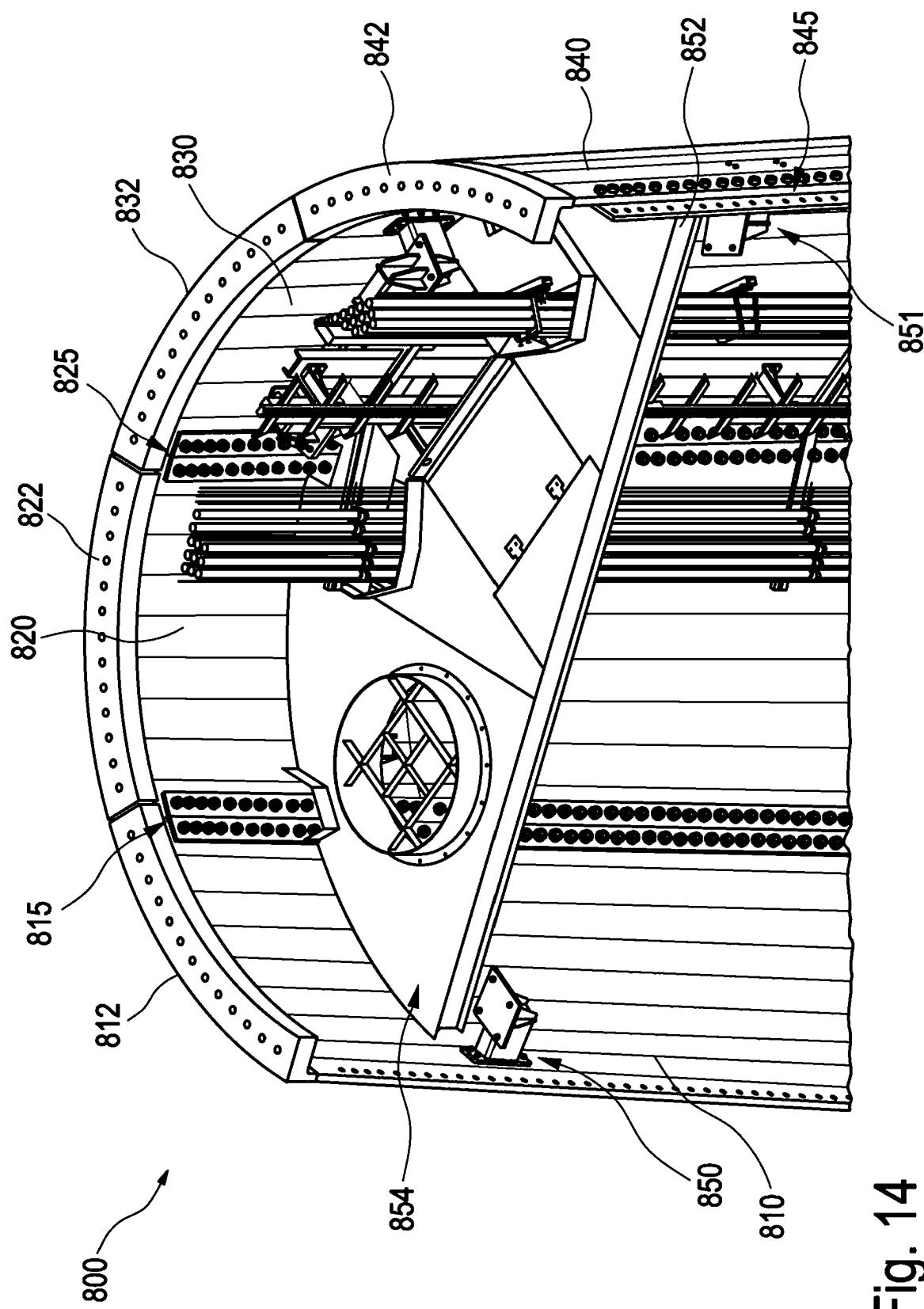


Fig. 14

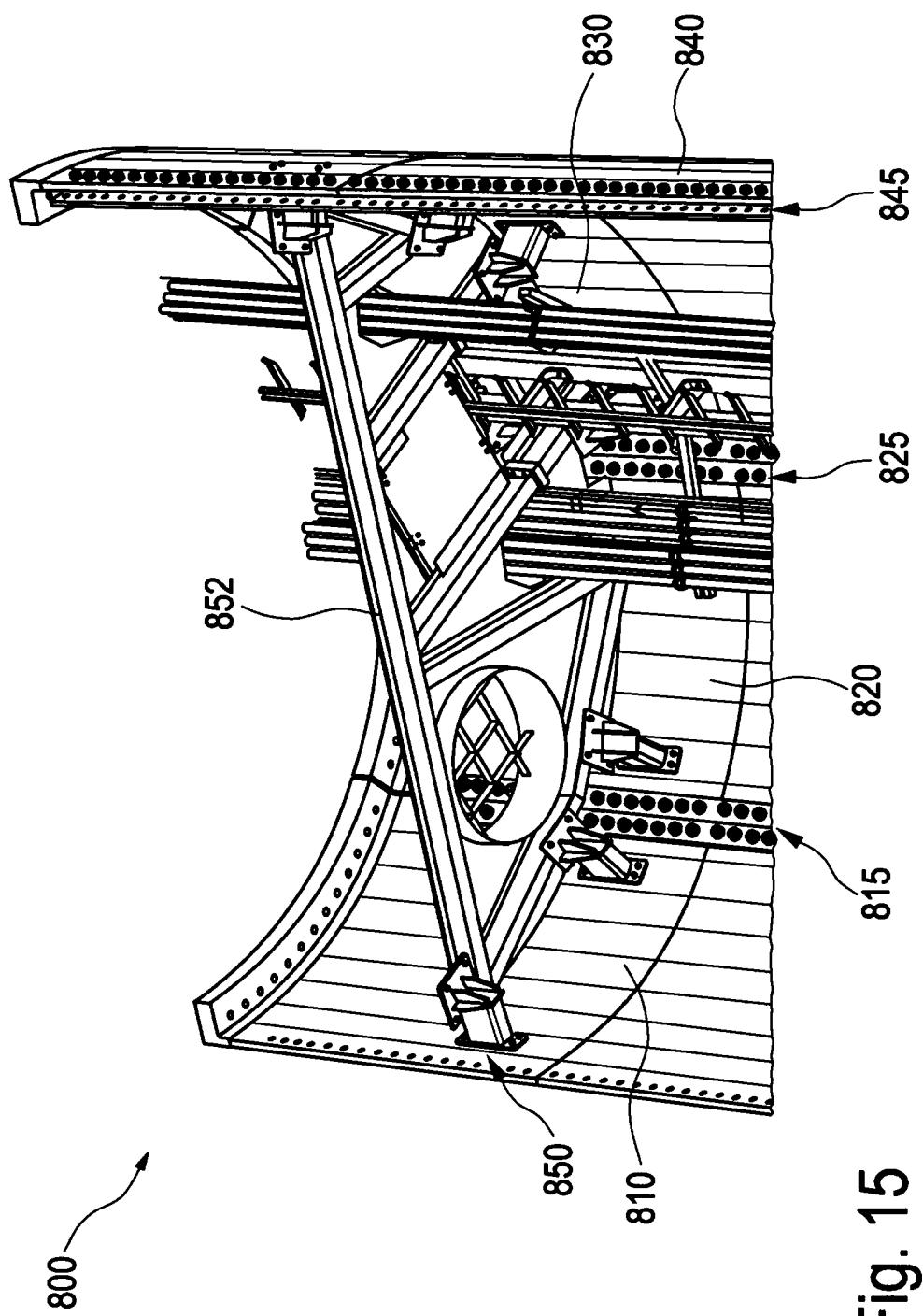


Fig. 15

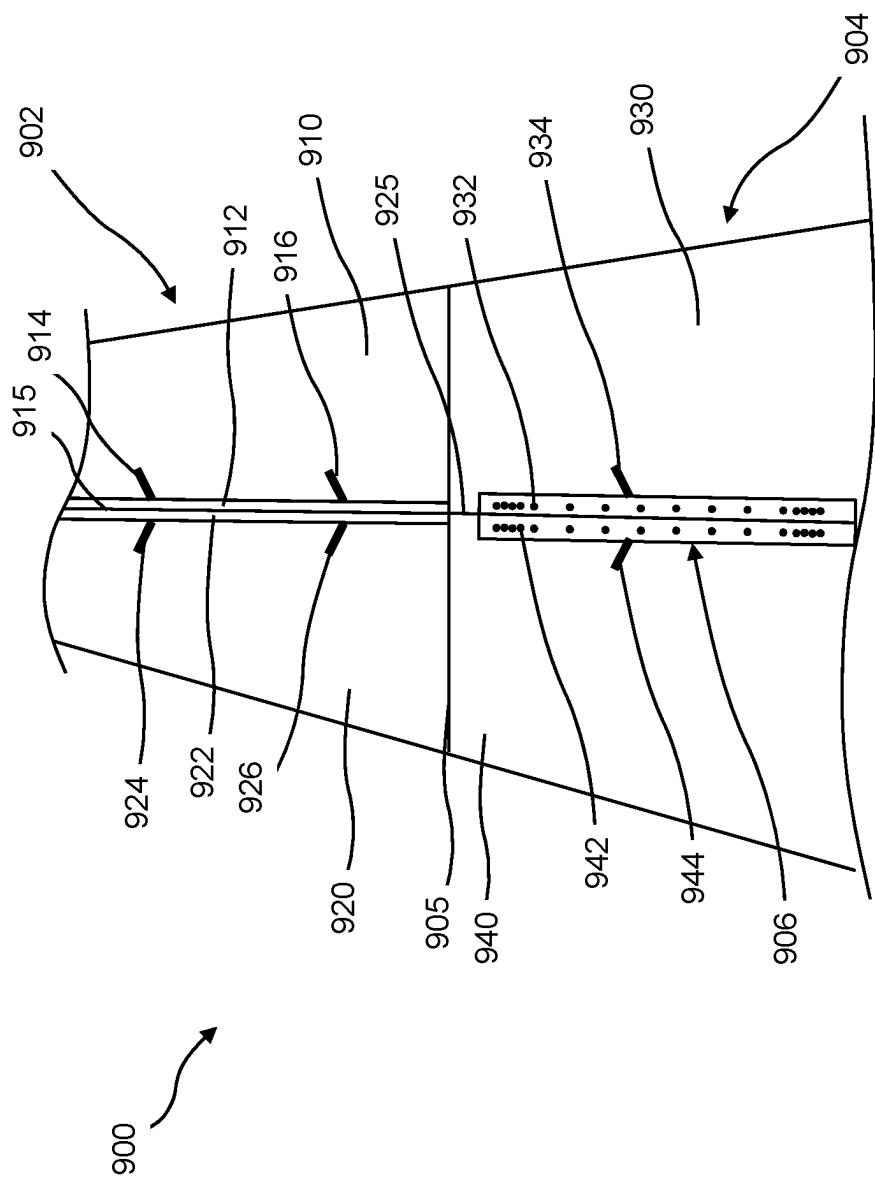


Fig. 16