



(10) **DE 10 2017 116 873 A1** 2019.01.31

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 116 873.7**

(22) Anmeldetag: **26.07.2017**

(43) Offenlegungstag: **31.01.2019**

(51) Int Cl.: **F03D 13/20** (2016.01)  
**E04H 12/08** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Wobben Properties GmbH, 26607 Aurich, DE**

(74) Vertreter:

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

(72) Erfinder:

**Kersten, Roy, 39291 Hohenwarthe, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

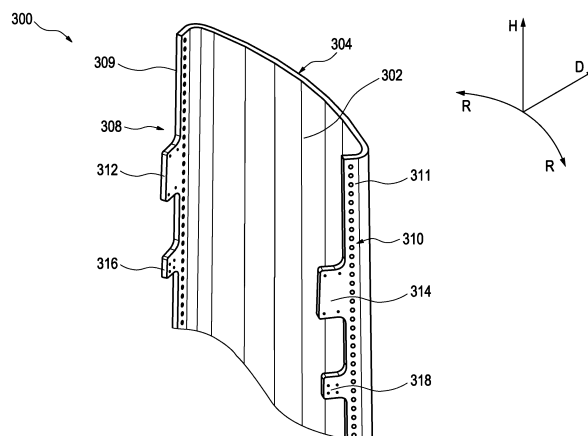
DE	10 2005 012 497	A1
DE	10 2011 077 428	A1
DE	10 2014 118 251	A1
DE	603 17 372	T2
WO	2010/ 055 535	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

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

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment, einen Windenergieanlagen-Turmabschnitt, einen Windenergieanlagen-Turm, eine Windenergieanlage sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Windenergieanlagen-Turmabschnitts. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment 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 Vertikalflansch angeordnet ist und/oder an der zweiten Vertikalstoßseite ein zweiter Vertikalflansch angeordnet ist, wobei der erste Vertikalflansch und/oder der zweite Vertikalflansch einen Winkel mit dem Mantelsegment einschließt bzw. einschließen, wobei an dem ersten Vertikalflansch und/oder an dem zweiten Vertikalflansch mindestens ein Anschlusselement zur Anordnung von Funktionselementen ausgebildet ist, wobei das Anschlusselement ausgehend von dem ersten Vertikalflansch und/oder dem zweiten Vertikalflansch auskragt.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment, 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-Stahlurmringsegment, 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-Stahlurmringsegment 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 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-Stahlturnringsegments 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-Stahlturnringsegment mit einem benachbarten Windenergieanlagen-Stahlturnringsegment verbunden werden, wenn dieses benachbarte Windenergieanlagen-Stahlturnringsegment 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 abgelenkt 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-Stahlturnringsegment mit einem benachbarten Windenergieanlagen-Stahlturnringsegment 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 vertikalstoßseitigen 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-Stahlurmringsegmenten regelmäßig mit einem Verzug eben dieser Windenergieanlagen-Stahlurmringsegmente resultiert. Darüber hinaus werden durch das Einbringen der Wärme während des Schweißprozesses die Materialeigenschaften des Stahls verändert, sodass das Windenergieanlagen-Stahlurmringsegments 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-Stahlurmringsegmente 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 Anschlusselement vermindert oder beseitigt werden, wobei dieses Anschlusselement an einem oder mehreren der Vertikalflansche angeordnet ist und von dort aus absteht. An diesem Anschlusselement 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 Anschlusselement befestigt werden können und somit nicht mehr unmittelbar am Mantelsegment geschweißt wird.

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

**[0019]** In einer bevorzugten Ausführungsvariante des Windenergieanlagen-Stahlurmringsegments ist vorgesehen, dass der erste Vertikalflansch und/oder der zweite Vertikalflansch 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 Vertikalflansch und/oder der zweite Vertikalflansch mit dem Mantelsegment einschließt

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

**[0020]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante des Windenergieanlagen-Stahlurmringsegments ist vorgesehen, dass 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 die flächige Erstreckung vorzugsweise im Wesentlichen rechteckig ist.

**[0021]** Ferner ist es bevorzugt, dass der erste Vertikalflansch und/oder der zweite Vertikalflansch 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 Anschlusshöhe parallel zur Flanschhöhe ausgerichtet sein.

**[0023]** Eine weitere bevorzugte Fortbildung des Windenergieanlagen-Stahlurmringsegments zeichnet sich dadurch aus, dass die Erstreckung des Anschlusselements in Richtung der Anschlusshöhe 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 Vertikalflanschen ist die Erstreckung des Anschlusselements somit vorzugsweise lokal begrenzt. Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass die Erstreckung des Anschlusselements in Richtung der Anschlusshöhe 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-Stahlurmringsegments sieht vor, dass die flächige Erstreckung des Anschlusselements 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-Stahlurmringsegment 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-Stahlurmringsegments 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-Stahlurmringsegments 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-Stahlurmringsegment, da

keine relevante Wärmeeintragung durch Schweißen stattfand. Weder die Vertikalfansche noch die Anschlusselemente 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-Stahlurmringsegments 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-Stahlurmringsegmente 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-Stahlurmringsegments ist vorgesehen, dass das Mantelsegment einen teilring-

förmigen Querschnitt aufweist, wobei eine Flächen-normale 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-Stahlurmringsegment 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-Stahlurmringsegment nach mindestens einer der im Vorherigen beschriebenen Ausführungsvarianten und ein zweites Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment nach mindestens einer der im Vorherigen beschriebenen Ausführungsvarianten, wobei das erste Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment und das zweite Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment an mindestens einem im Wesentlichen vertikalen Stoß mit Vertikalflanschen aneinanderstoßen, und wobei das erste Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment und das zweite Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment 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-Turms, 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-Stahlurmringsegment, mindestens einen Laschen-Stahlurmabschnitt, auf-

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

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

**[0037]** Der Windenergieanlagen-Turm mit mindestens einem zuvor beschriebenen Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment und mindestens einem Laschen-Stahlurmabschnitt 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-Stahlurmabschnitt 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 Stahlurmringsegment 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-Stahlurmringsegments und eines zweiten Windenergieanlagen-Stahlurmringsegments, insbesondere eines ersten Windenergieanlagen-Stahlurmringsegments und eines zweiten Windenergie-

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

**[0040]** Insbesondere ist es bevorzugt, dass das Verfahren den Schritt umfasst Anordnen eines Funktionselements, beispielsweise einer Trageinheit, 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-Stahlurmringsegment 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-Stahlurmringsegments 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-Stahlurmringsegmenten;

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

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

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

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

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

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

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

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

**Fig. 11:** eine schematische, dreidimensionale Teilansicht des Stahlurmringsegments aus **Fig. 10** mit einem entgegengesetzt umgekannten Vertikalflansch;

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

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

**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-Stahlurmringsegmenten mit an Vertikalflanschen angeordneten Anschlusselementen zur Anordnung von Funktionselementen.

**[0045]** **Fig. 2** zeigt eine schematische, zweidimensionale Ansicht zweier beispielhafter Ausführungsformen von Windenergieanlagen-Stahlurmringsegmenten. Das Mantelsegment **202** des Stahlurmringsegments **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 Stahlturnringsegments **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 viertes 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 Anschlusselements **236** und des vierten Anschlusselements **238** beträgt. An dem Stahlturnringsegment **220** sind ferner ein fünftes und ein sechstes Anschlusselement **240**, **242** angeordnet, die in einem mittigen Abschnitt des Stahlturnringsegments **220** angeordnet sind. Auch die Anschlusselemente **240**, **242** weisen jeweils die gleiche Beabstandung zur oberen Horizontalstoßseite **224**, aber ebenfalls 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, dreidimensionale Teilansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Windenergieanlagen-Stahlturnringsegments. Das Stahlturnringsegment **300** weist analog zu den im Vorherigen beschriebenen Stahlturnringsegmenten 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 Vertikalflansche **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 Richtung erstrecken wie der erste Vertikalflansch **309**. Analog hierzu sind an dem zweiten Vertikalflansch **311** ein zweites Anschlusselement **314** und ein viertes Anschlusselement **318** ausgebildet, die sich in die gleiche Richtung erstrecken wie der zweite Vertikalflansch **311**. Die Anschlusselemente **312**, **314**, **316**, **318** weisen jeweils eine flächige Erstreckung auf, wobei deren Dicke in Dickenrichtung **D** auch als Materialstärke bezeichnet werden kann. Die Dicke bzw. Materialstärke der Anschlusselemente **312**, **314**, **316**, **318**, der Vertikalflansche **309**, **311** sowie des Mantelsegments **302** ist im Wesentlichen gleich. Das Mantelsegment **302** weist ferner einen teilingförmigen Querschnitt auf, dessen Flächennormale im Wesentlichen parallel zur Segmenthöhe in Segmenthöhenrichtung **H** ausgerichtet ist und der teilingförmige Querschnitt durch insgesamt acht gerade Abschnitte ausgebildet wird, wobei die acht geraden Abschnitte gewinkelt zueinander angeordnet sind und sich zudem in Ringrichtung **R** erstrecken, sodass der teilingförmige Querschnitt entsteht.

**[0050]** Die Fig. 4 - Fig. 7 zeigen eine schematische, dreidimensionale Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Windenergieanlagen-Stahlturnringsegments. Das Stahlturnringsegment **400** weist ein Mantelsegment **402** auf, das sich von der oberen 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 Horizontalflansch **405** angeordnet, der angeordnet und ausgebildet ist, das Stahlturnringsegment **400** mit einem vertikal benachbarten weiteren Stahlturnringsegment zu verbinden. Analog hierzu ist an der unteren Horizontalstoßseite **406** ein unterer Horizontalflansch **407** angeordnet. Der untere Horizontalflansch **407** weist ferner Durchtrittsöffnungen auf, um das Stahlturnringsegment **400** mit einem vertikal benachbarten weiteren Stahlturnringsegment zu verbinden. Die Durchtrittsöffnungen des unteren Vertikalflansches **407** sind doppelreihig ausgeführt, sodass jeweils zwei radial voneinander beabstandet sind. Zwischen dieser radialen Beabstandung der Durchtrittsöffnungen ist das Mantelsegment **402** angeordnet. Daher sind also zum einen Durchtrittsöffnungen auf einer inneren Seite des Mantelsegments am Vertikalflansch **407** angeordnet und darüber hinaus Durchtrittsöffnungen auf einer äußeren



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

**[0051]** Das Stahlurmringsegment **400** weist ferner an den Vertikalfanschen **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 Vertikalfansch **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 Vertikalfansch **411** angeordnet. Am ersten Vertikalfansch **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 Vertikalfansch **411** angeordnet. Die an einem Vertikalfansch **409**, **411** angeordneten Anschlusselemente **432** - **450** können alternativ auch nicht äquidistant zueinander angeordnet sein. Die Anschlusselemente **432**, **434** weisen ferner eine gleiche Beanstandung 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-Stahlurmringsegmenten. Das erste Stahlurmringsegment **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 Vertikalfansche angeordnet, an denen wiederum Anschlusselemente ausgebildet sind. An dem ersten Stahlurmringsegment **500** sind zwischen den auf gleicher Höhe angeordneten Anschlusselementen des ersten und des zweiten Vertikalfansches Tragbalken angeordnet, an denen ein Kabelleiter **501** angeordnet ist. Die Anordnung des Tragbalkens kann insbesondere der Ausbildung des zweiten Stahlurmringsegments **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 Stahlurmringsegmente auf, die an vertikalen Stößen **551** mit ihren Vertikalstoßseiten aneinanderstoßen und dort mit ihren Vertikalfanschen 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 Stahlurmringsegmente **600** mit einem Mantelsegment **612** und einem ersten Vertikalfansch **609** an der ersten Vertikalstoßseite **608** des Stahlurmringsegments **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 Vertikalfansch **609** angeordnet ist. In der Fig. 12 ist das Ausgangsmaterial für den Biegevorgang zur Herstellung eines Stahlurmringsegments **600** mit einem Mantelsegment **612** und einem ersten Vertikalfansch **609** gezeigt. In dem zukünftigen Biegebereich zwischen dem Mantelsegment **612** und dem ersten Vertikalfansch **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 Vertikalfansch **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 Vertikalfansch **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 Stahlurmringsegment **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 Vertikalfanschen **712**, **714** aneinanderstoßen und an dem vertikalen Stoß mitein-

ander verbunden sind. Das Anschlusselement **714** krägt von dem ersten Vertikalflansch **712** und das Anschlusselement **724** krägt von dem zweiten Vertikalflansch **714** aus. Der erste Vertikalflansch **712** und das Anschlusselement **714** schließen einen ungleichen Winkel mit dem Mantelsegment **710** ein. Das Anschlusselement **714** erstreckt sich somit nicht in die gleiche Richtung wie der Vertikalflansch **712** von dem Mantelsegment **710** hinweg. Das Anschlusselement **724** ist analog hierzu angeordnet. Derartige Anschlusselemente sind vor allem durch die weitere Abkantung insbesondere für Trägerauflager vorgesehen, bei denen eine zusätzliche Abkantung der Anschlusselemente zu den Vertikalflanschen 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 Stahlurmringsegmente, von denen das erste Stahlurmringsegment **810**, das zweite Stahlurmringsegment **820**, das dritte Stahlurmringsegment **830** und das vierte Stahlurmringsegment **840** gezeigt sind. An der oberen Horizontalstoßseite der Stahlurmringsegmente **810**, **820**, **830**, **840** ist jeweils ein oberer Horizontalflansch **812**, **822**, **832**, **842** angeordnet, der ausgebildet ist, die Stahlurmringsegmente **810**, **820**, **830**, **840** mit einem, zwei oder mehreren vertikal benachbarten Turmsegmenten, insbesondere Stahlurmringsegmenten, zu verbinden. Das erste Stahlurmringsegment **810** und das zweite Stahlurmringsegment **820** sind mit einem Laschenelement **815** miteinander verbunden, wobei das Laschenelement **815** als gewinkelte Platte ausgeführt ist und mit dem ersten Stahlurmringsegment **810** und dem zweiten Stahlurmringsegment **820** verschraubt ist. Die weiteren Stahlurmringsegmente 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 Stahlurmringsegment **910** mit einer ersten Vertikalstoßseite und zweites Stahlurmringsegment **920** mit einer zweiten Vertikalstoßseite. Das erste Stahlurmringsegment **910** und das zweite Stahlurmringsegment **920** sind horizontal benachbart zueinander angeordnet. Das erste Stahlurmringsegment **910** und das zweite Stahlurmringsegment **920** stoßen mit ihren Vertikalstoßseiten an einem oberen Vertikalstoß **915** aneinander.

**[0059]** An dem ersten Stahlurmringsegment **910** ist an der ersten Vertikalstoßseite ein erster Vertikalflansch **912** angeordnet. Analog ist an dem zweiten Stahlurmringsegment **920** an der zweiten Vertikalstoßseite ein zweiter Vertikalflansch **922** angeordnet. Die Vertikalflansche **912**, **922** schließen jeweils einen Winkel mit den wandausbildenden Abschnitten der Stahlurmringsegmente **910**, **920** ein. An den Vertikalflanschen **912**, **922** sind nicht gezeigte, horizontal ausgerichtete Durchtrittsöffnungen angeordnet. Die Durchtrittsöffnungen sind insbesondere derart angeordnet und ausgebildet, dass die Vertikalflansche **912**, **922** mittels Befestigungselemente miteinander verbindbar sind. Durch eine Verbindung der Vertikalflansche **912**, **922** miteinander erfolgt auch eine Verbindung der Stahlurmringsegmente **910**, **920** miteinander.

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

**[0061]** Der untere Turmabschnitt **904** ist insbesondere als Laschen-Stahlurmabschnitt ausgebildet, wobei das erste und zweite Laschen-Stahlurmringsegment des Laschen-Stahlurmabschnitts im folgenden als drittes Stahlurmringsegment **930** und ein viertes Stahlurmringsegment **940** bezeichnet werden. Das dritte Stahlurmringsegment **930** und das vierte Stahlurmringsegment **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 Stahlurmringsegment **930** und dem vierten Stahlurmringsegment **940** verbunden ist. Die Verbindung ist insbesondere mit Befestigungselementen **932**, **942** realisiert, wobei die vertikale Beabstandung der Befestigungselemente in einem Mittenabschnitt des Laschenelements **906** größer ist als in den zwei Endabschnitten des Laschenelements **906**. In den Endabschnitten des Laschenelements **906** ist

die vertikale Beabstandung der Befestigungselemente vielmehr so gering wie möglich gewählt. Das dritte Stahlurmringsegment **930** und das vierte Stahlurmringsegment **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 Vertikalfanschen **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 Vertikalfanschen **309**, **311**, **409**, **411** angeordnet werden können. Darüber hinaus ist die Montage der einzelnen Stahlurmringsegmente **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 Stahlurmringsegmente **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

<b>100</b>	Windenergieanlage
<b>102</b>	Turm
<b>104</b>	Gondel
<b>106</b>	Rotor
<b>108</b>	Rotorblätter
<b>110</b>	Spinner
<b>200</b>	Stahlurmringsegment
<b>202</b>	Mantelsegment
<b>204</b>	obere Horizontalstoßseite
<b>206</b>	untere Horizontalstoßseite
<b>208</b>	erste Vertikalstoßseite
<b>210</b>	zweite Vertikalstoßseite

<b>212</b>	erstes Anschlusselement
<b>214</b>	zweites Anschlusselement
<b>220</b>	Stahlurmringsegment
<b>222</b>	Mantelsegment
<b>224</b>	obere Horizontalstoßseite
<b>226</b>	untere Horizontalstoßseite
<b>228</b>	erste Vertikalstoßseite
<b>230</b>	zweite Vertikalstoßseite
<b>232</b>	erstes Anschlusselement
<b>234</b>	zweites Anschlusselement
<b>236</b>	drittes Anschlusselement
<b>238</b>	viertes Anschlusselement
<b>240</b>	fünftes Anschlusselement
<b>242</b>	sechstes Anschlusselement
<b>244</b>	siebtes Anschlusselement
<b>246</b>	achtes Anschlusselement
<b>300</b>	Stahlurmringsegment
<b>302</b>	Mantelsegment
<b>304</b>	obere Horizontalstoßseite
<b>308</b>	erste Vertikalstoßseite
<b>309</b>	erster Vertikalfansch
<b>310</b>	zweite Vertikalstoßseite
<b>311</b>	zweiter Vertikalfansch
<b>312</b>	erstes Anschlusselement
<b>314</b>	zweites Anschlusselement
<b>316</b>	drittes Anschlusselement
<b>318</b>	viertes Anschlusselement
<b>400</b>	Stahlurmringsegment
<b>402</b>	Mantelsegment
<b>404</b>	obere Horizontalstoßseite
<b>405</b>	oberer Horizontalflansch
<b>406</b>	untere Horizontalstoßseite
<b>407</b>	unterer Horizontalflansch
<b>408</b>	erste Vertikalstoßseite
<b>409</b>	erster Vertikalfansch
<b>410</b>	zweite Vertikalstoßseite
<b>411</b>	zweiter Vertikalfansch
<b>432</b>	erstes Anschlusselement
<b>434</b>	zweites Anschlusselement
<b>436</b>	drittes Anschlusselement

<b>438</b>	viertes Anschlusselement	<b>830</b>	drittes Stahlturnringsegment
<b>440</b>	fünftes Anschlusselement	<b>832</b>	dritter oberer Horizontalflansch
<b>442</b>	sechstes Anschlusselement	<b>840</b>	viertes Stahlturnringsegment
<b>444</b>	siebtes Anschlusselement	<b>842</b>	vierter oberer Horizontalflansch
<b>446</b>	achtes Anschlusselement	<b>845</b>	viertes Laschenelement
<b>448</b>	neuntes Anschlusselement	<b>850</b>	erstes Trägerauflager
<b>450</b>	zehntes Anschlusselement	<b>851</b>	zweites Trägerauflager
<b>500</b>	erstes Stahlturnringsegment	<b>852</b>	Träger
<b>501</b>	Kabelleiter	<b>854</b>	Plattform
<b>502</b>	Mantelsegment	<b>900</b>	Turm
<b>504</b>	obere Horizontalstoßseite	<b>902</b>	oberer Turmabschnitt
<b>506</b>	untere Horizontalstoßseite	<b>904</b>	unterer Turmabschnitt
<b>510</b>	zweites Stahlturnringsegment	<b>905</b>	Horizontalstoß
<b>512</b>	Mantelsegment	<b>906</b>	Laschenelement
<b>514</b>	obere Horizontalstoßseite	<b>910</b>	erstes Stahlturnringsegment
<b>516</b>	untere Horizontalstoßseite	<b>912</b>	erster Vertikalfansch
<b>518</b>	Anschlusselement	<b>914</b>	erstes Anschlusselement
<b>519</b>	Tragbalken	<b>915</b>	oberer Vertikalstoß
<b>550</b>	Turm	<b>916</b>	zweites Anschlusselement
<b>551</b>	vertikaler Stoß	<b>920</b>	zweites Stahlturnringsegment
<b>552</b>	Podest	<b>922</b>	zweiter Vertikalfansch
<b>553</b>	Anschlusselement	<b>924</b>	drittes Anschlusselement
<b>554</b>	Anschlusselement	<b>925</b>	unterer Vertikalstoß
<b>600</b>	Stahlturnringsegment	<b>926</b>	viertes Anschlusselement
<b>608</b>	erste Vertikalstoßseite	<b>930</b>	drittes Stahlturnringsegment
<b>609</b>	erster Vertikalfansch	<b>932</b>	Befestigungselement
<b>612</b>	Mantelsegment	<b>934</b>	fünftes Anschlusselement
<b>614</b>	obere Horizontalstoßseite	<b>940</b>	viertes Stahlturnringsegment
<b>620</b>	Ausnehmung	<b>942</b>	Befestigungselement
<b>700</b>	Windenergieanlagen-Turmsegment	<b>944</b>	sechstes Anschlusselement
<b>710, 720</b>	Mantelsegment	<b>H</b>	Segmenthöhe
<b>712, 722</b>	Vertikalfansch	<b>D</b>	Segmentdicke
<b>714, 724</b>	Anschlusselement	<b>R</b>	Ringrichtung
<b>800</b>	Turm		
<b>810</b>	erstes Stahlturnringsegment		
<b>812</b>	erster oberer Horizontalflansch		
<b>815</b>	erstes Laschenelement		
<b>820</b>	zweites Stahlturnringsegment		
<b>822</b>	zweiter oberer Horizontalflansch		
<b>825</b>	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-Stahlurmringsegment 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 Vertikalflansch angeordnet ist und/oder an der zweiten Vertikalstoßseite ein zweiter Vertikalflansch angeordnet ist, wobei der erste Vertikalflansch und/oder der zweite Vertikalflansch einen Winkel mit dem Mantelsegment einschließt bzw. einschließen,
  - wobei an dem ersten Vertikalflansch und/oder an dem zweiten Vertikalflansch mindestens ein Anschlusselement zur Anordnung von Funktionselementen ausgebildet ist, wobei das Anschlusselement ausgehend von dem ersten Vertikalflansch und/oder dem zweiten Vertikalflansch auskragt.
2. Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei
  - der erste Vertikalflansch und/oder der zweite Vertikalflansch 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 Vertikalflansch und/oder der zweite Vertikalflansch mit dem Mantelsegment einschließt bzw. einschließen.
3. Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment 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-Stahlurmringsegment 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 kleiner

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

5. Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die flächige Erstreckung des Anschlusselementes 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-Stahlurmringsegment nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Anschlussdicke und eine Flanschdicke die gleiche Abmessung aufweisen.
7. Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend ein erstes Anschlusselement und ein zweites Anschlusselement, wobei
  - das erste Anschlusselement an dem ersten Vertikalflansch und das zweite Anschlusselement an dem zweiten Vertikalflansch 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-Stahlurmringsegment 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 Vertikalflansch angeordnet sind und das zweite Anschlusselement und das vierte Anschlusselement an dem zweiten Vertikalflansch angeordnet sind.
9. Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
  - das Mantelsegment und der erste Vertikalflansch und/oder das Mantelsegment und der zweite Vertikalflansch einstückig ausgebildet sind.
10. Windenergieanlagen-Stahlurmringsegment 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 Ansprüche 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 Wesentlichen vertikalen Stoß mit Vertikalfanschen aneinanderstoßen, 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 Windenergieanlagen-Turmabschnitte nach dem vorhergehenden Anspruch.

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

14. Verfahren zur Herstellung eines Windenergieanlagen-Turmabschnitts, insbesondere eines Windenergieanlagen-Turmabschnitts nach Anspruch 11, umfassend

- Bereitstellen mindestens eines ersten Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegments und eines zweiten Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegments, insbesondere eines ersten Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegments und eines zweiten Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegments nach mindestens einem der Ansprüche 1-10,
- Anordnen des ersten Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegments und des zweiten Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegments an mindestens einem vertikalen Stoß mit jeweils einer der Vertikalstoßseiten,
- Verbinden des ersten Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegments und des zweiten Windenergieanlagen-Stahl-turmringsegments an dem mindestens einen vertikalen Stoß durch Befestigen zweier benachbarter Vertikalfansche.

15. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, umfassend

Anhängende Zeichnungen

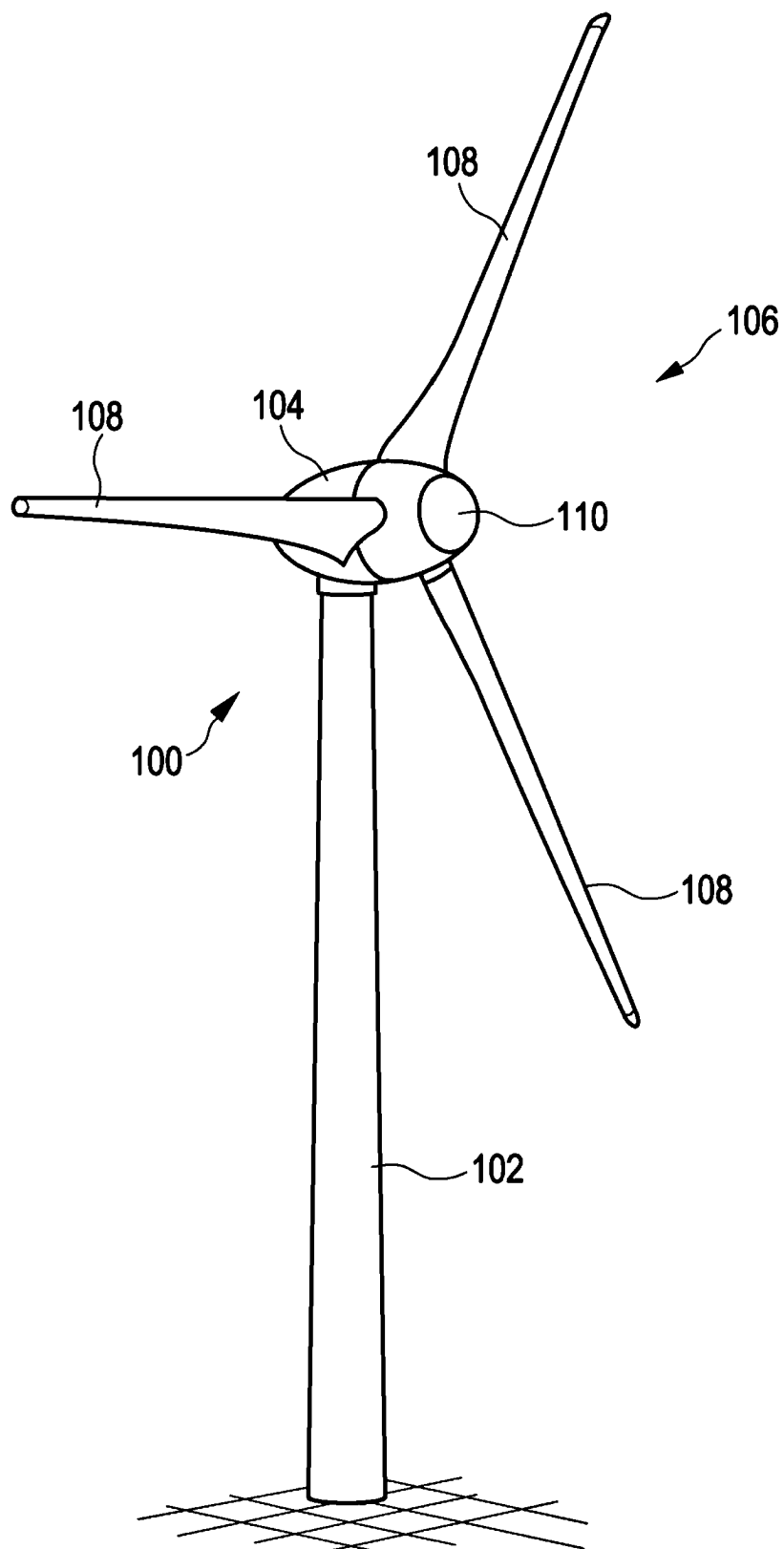


Fig. 1



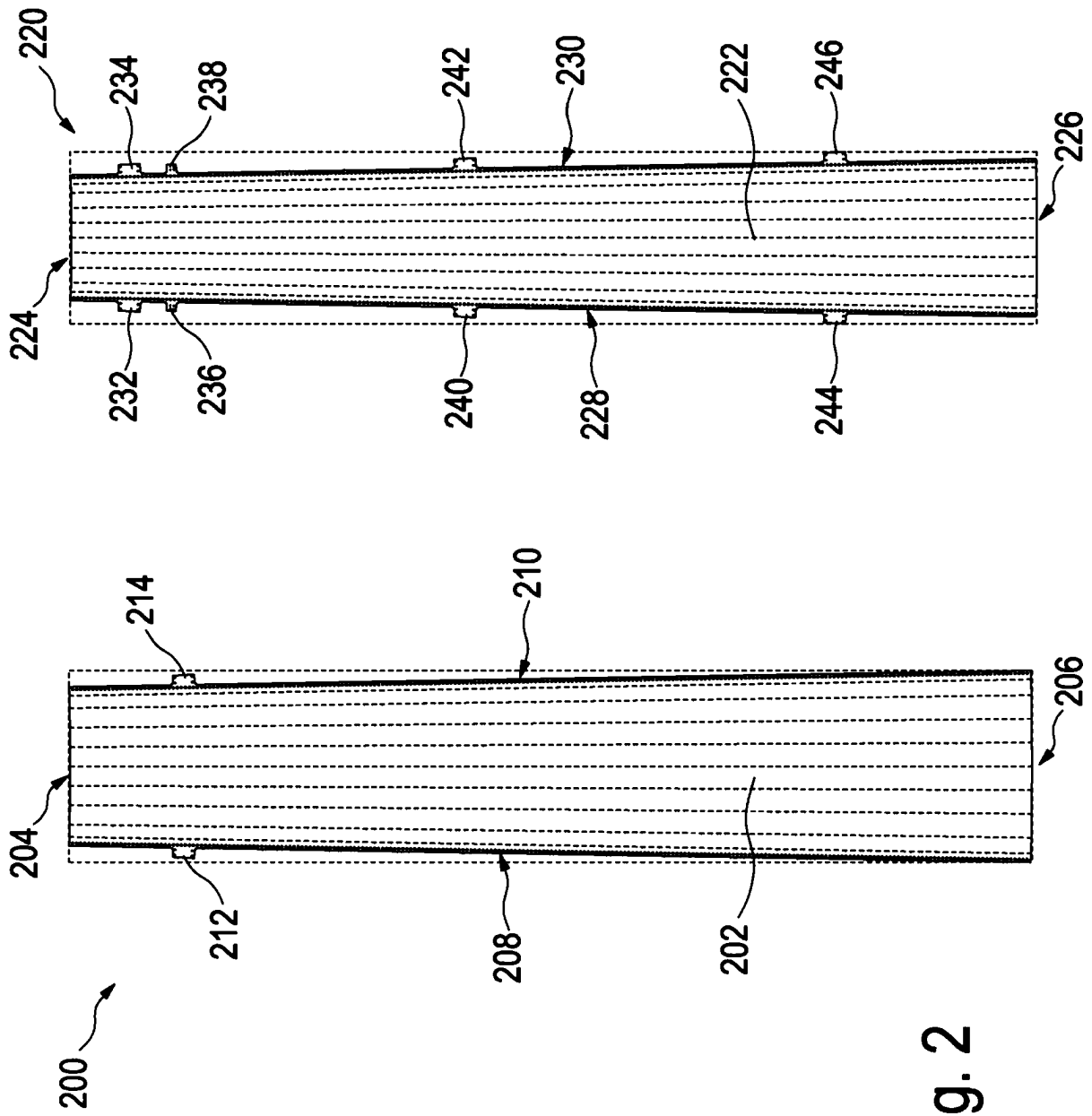


Fig. 2

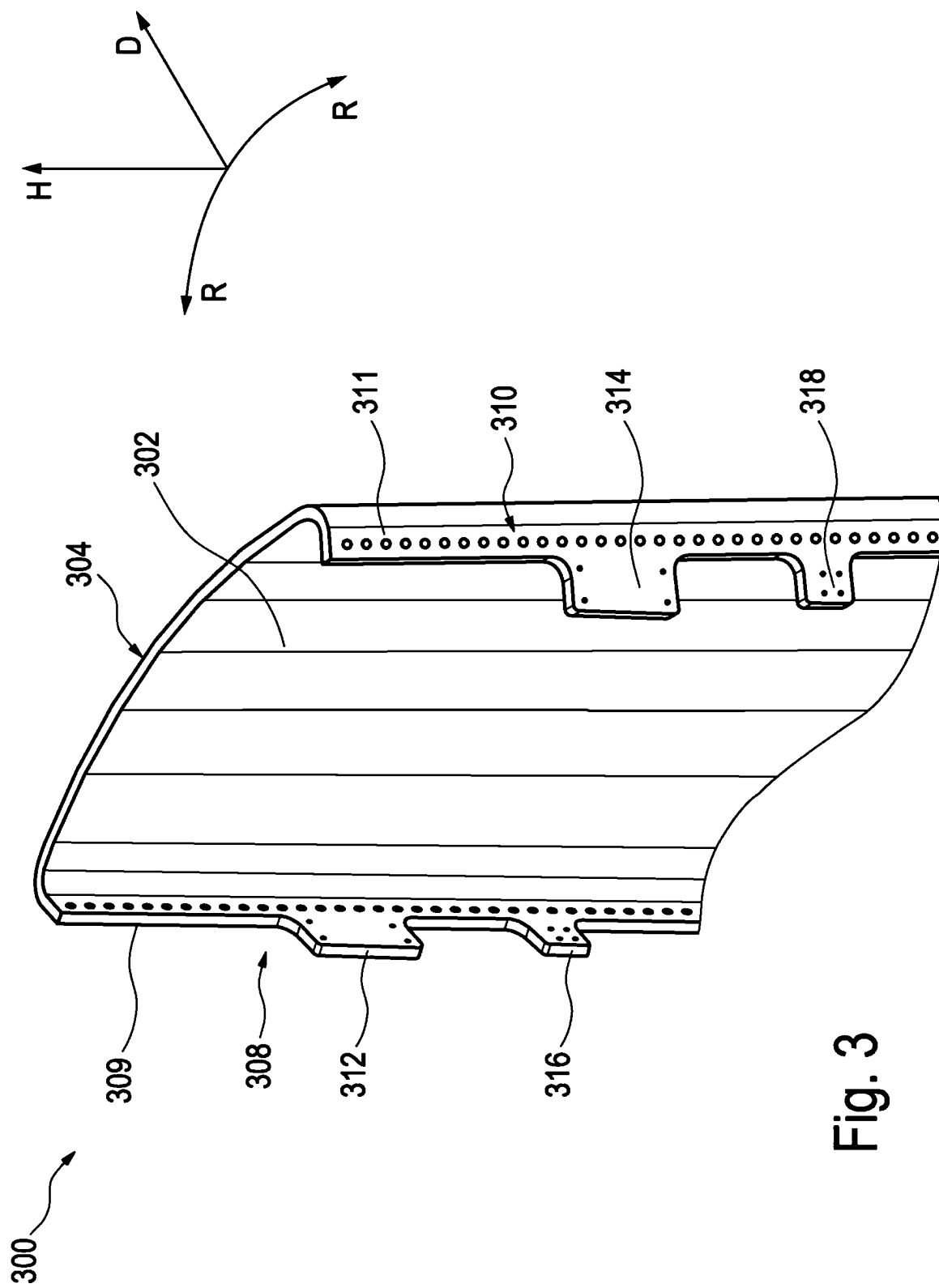


Fig. 3

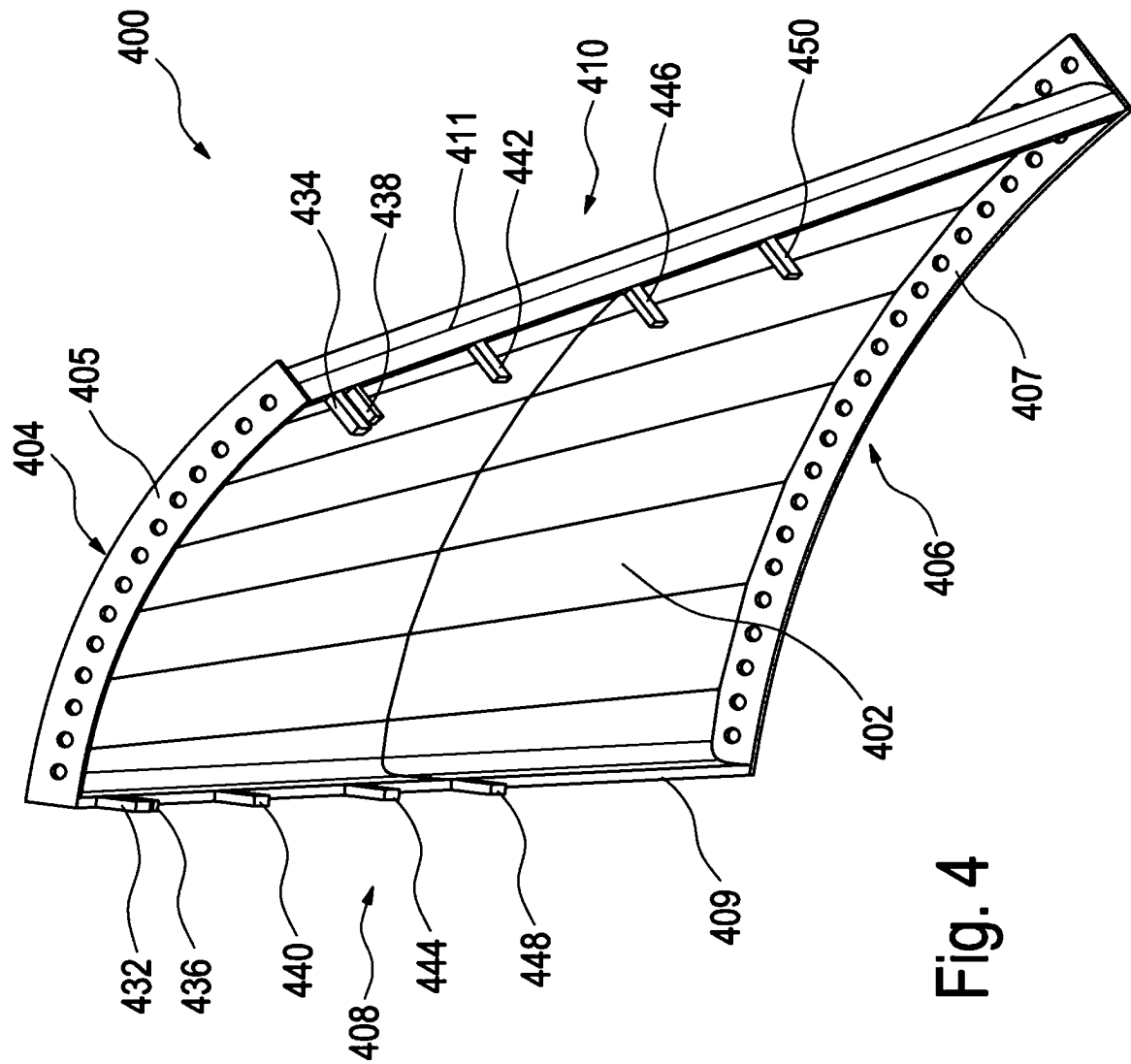


Fig. 4

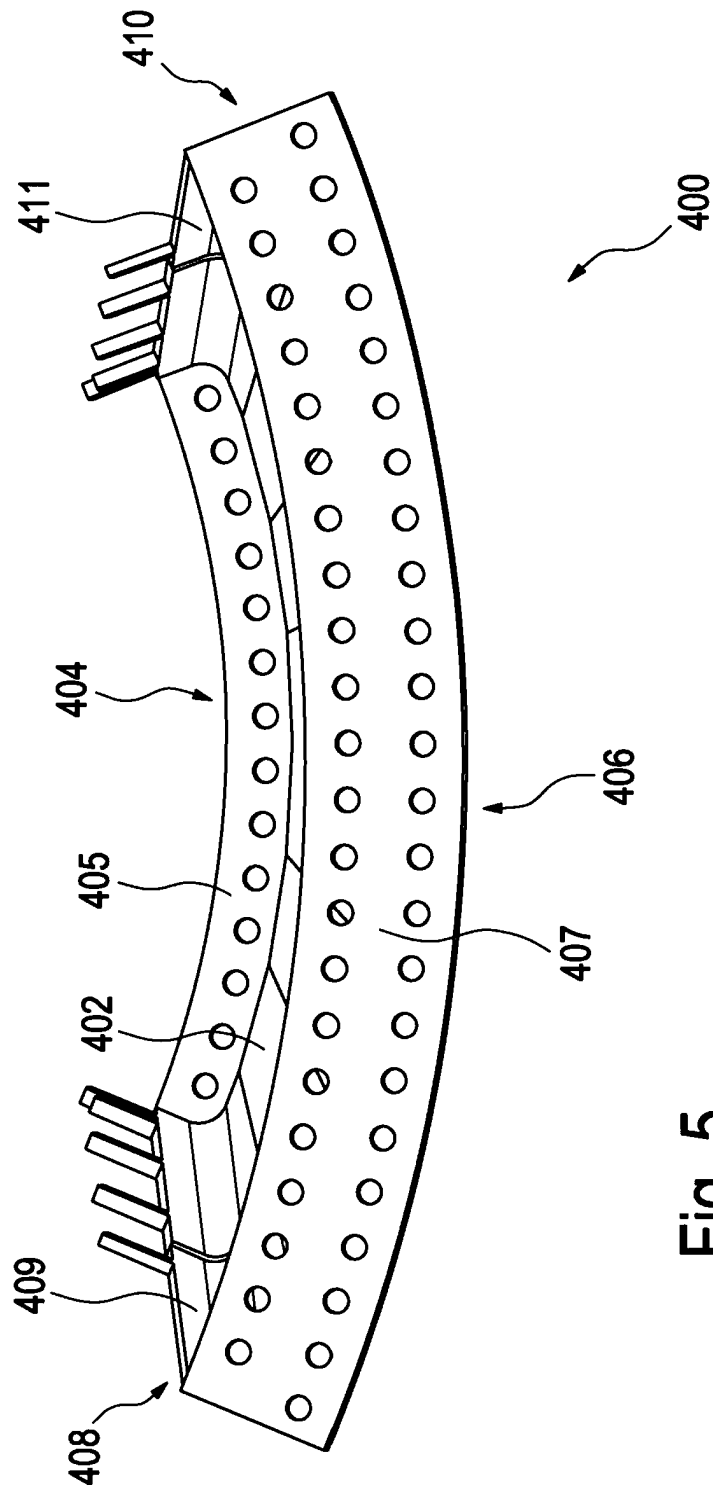


Fig. 5

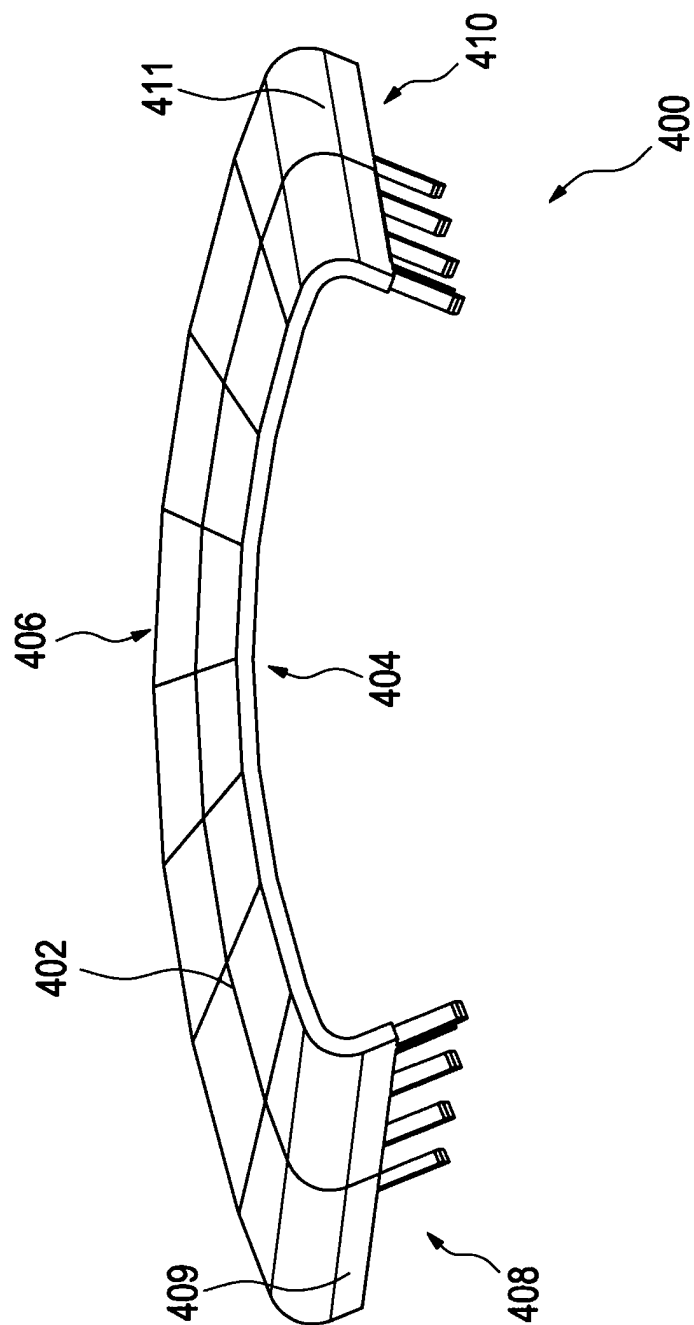


Fig. 6

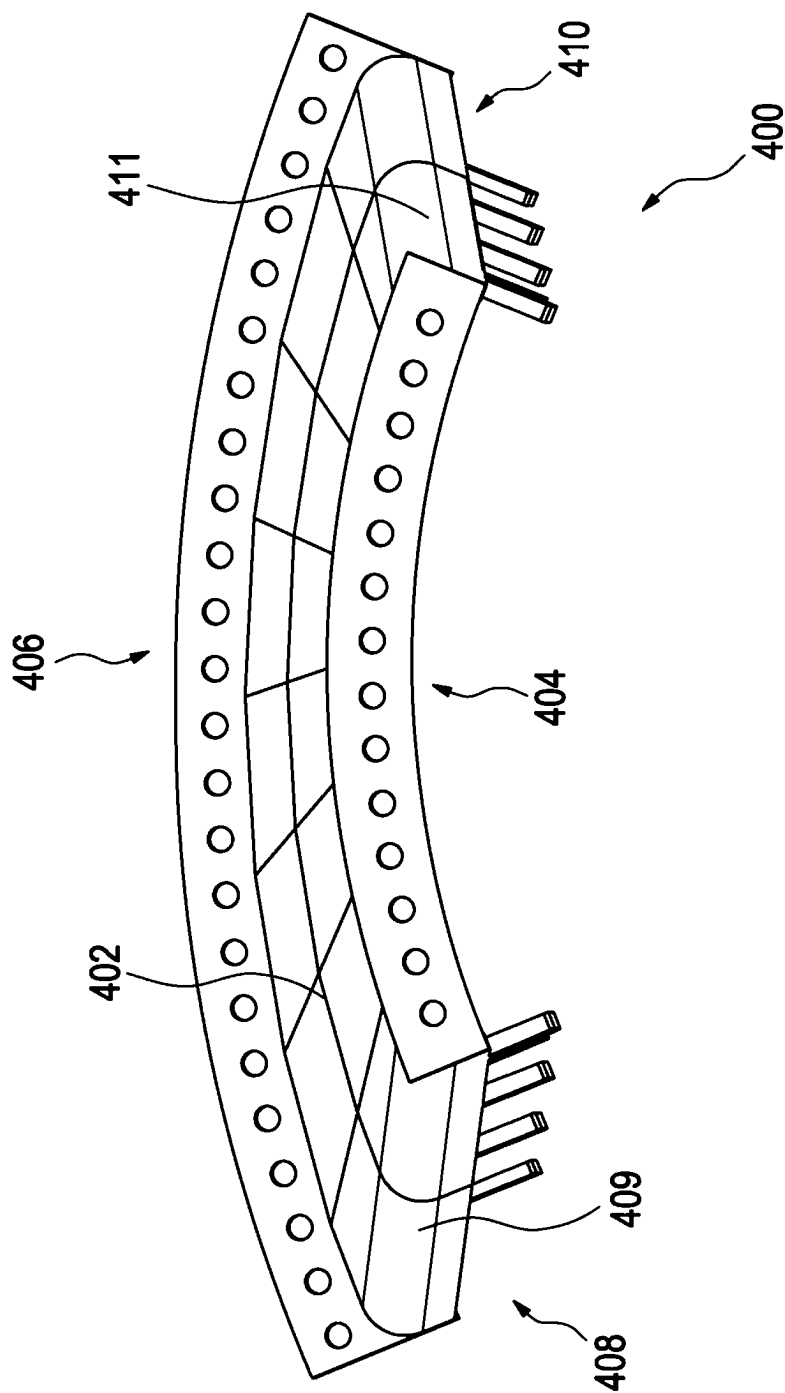


Fig. 7

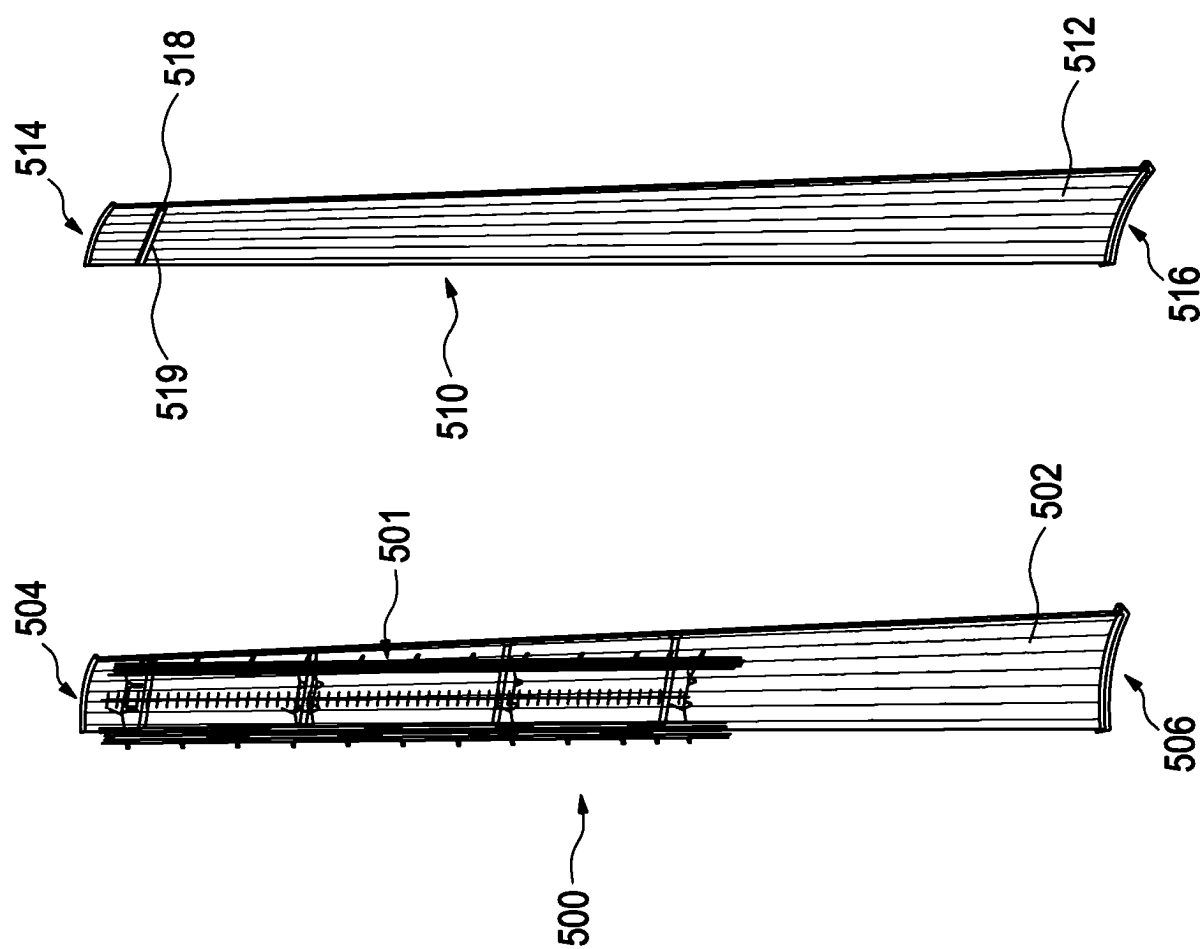


Fig. 8

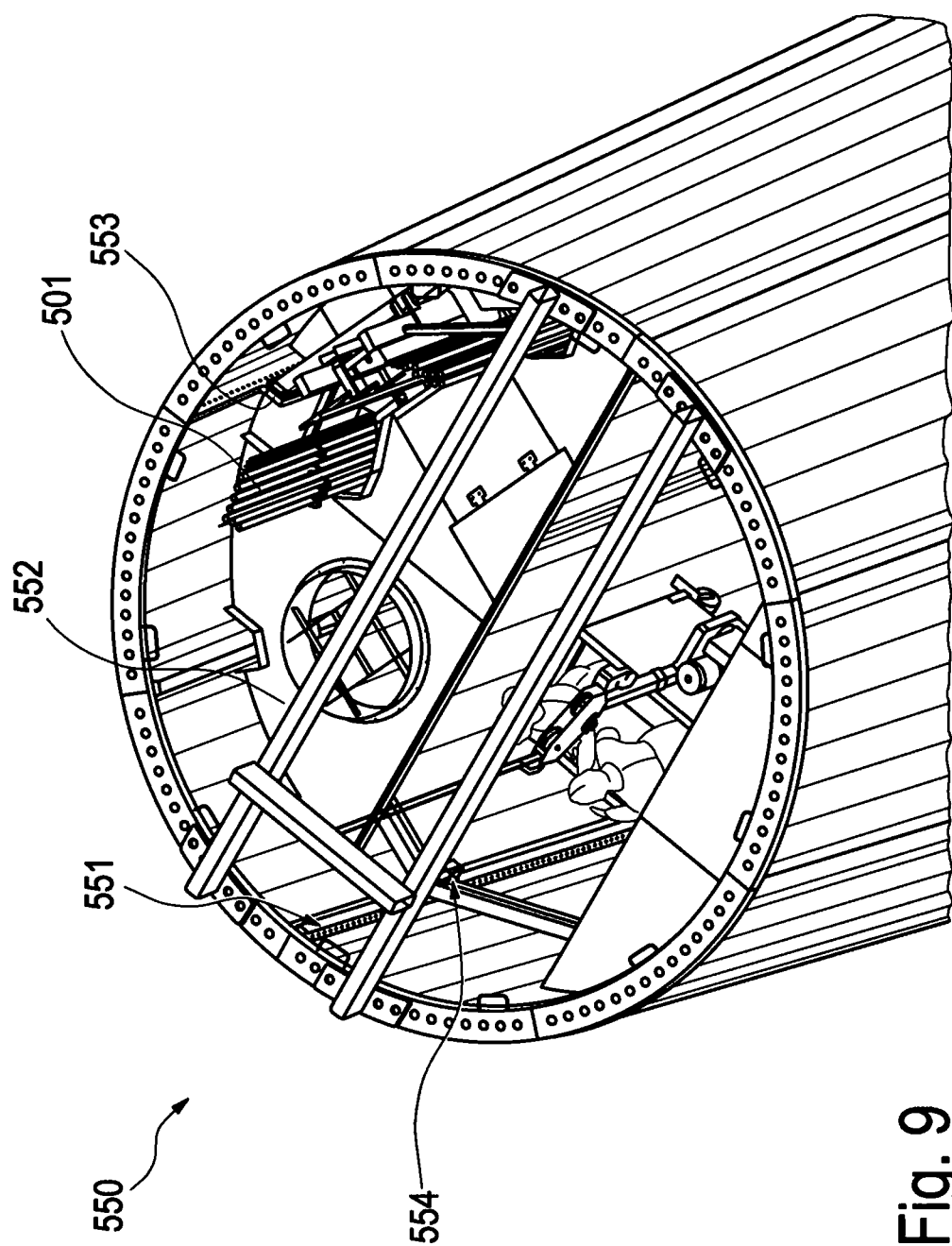


Fig. 9



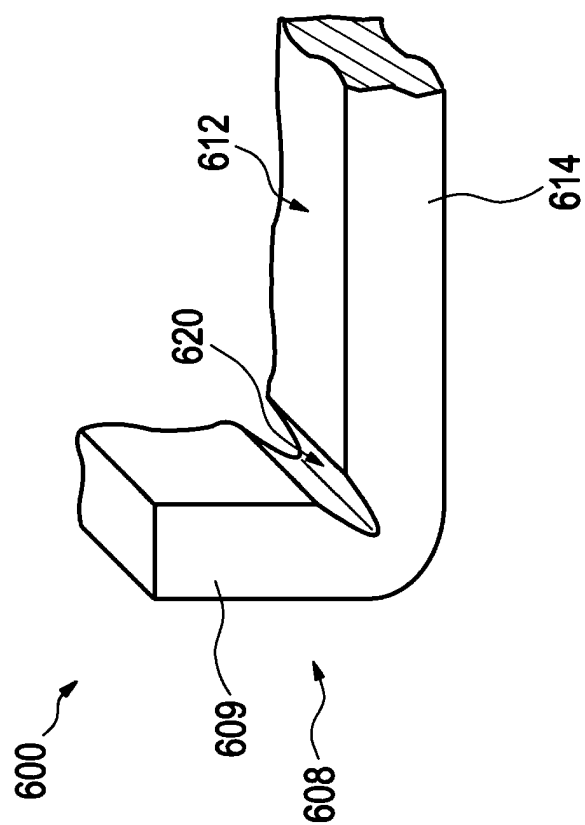


Fig. 10

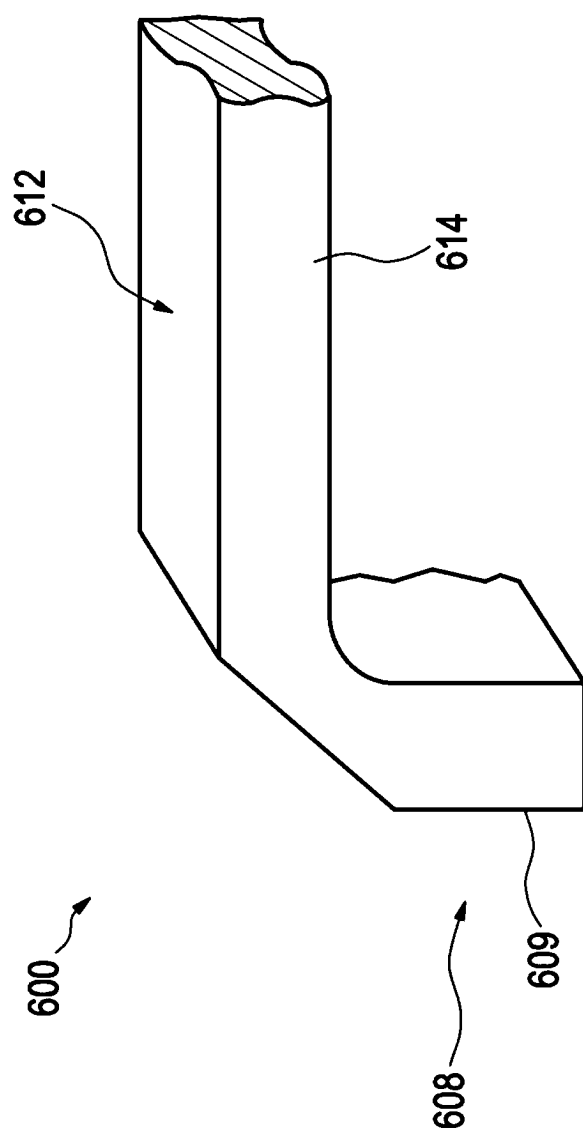


Fig. 11

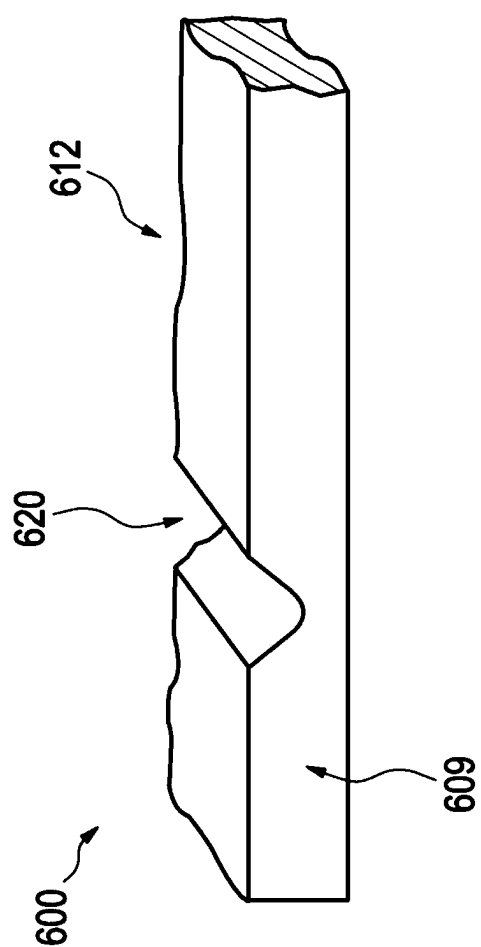


Fig. 12

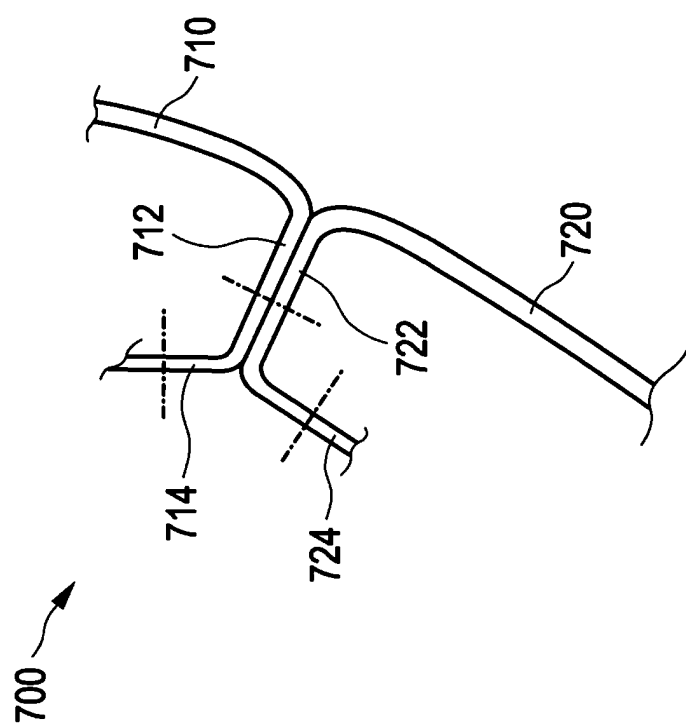
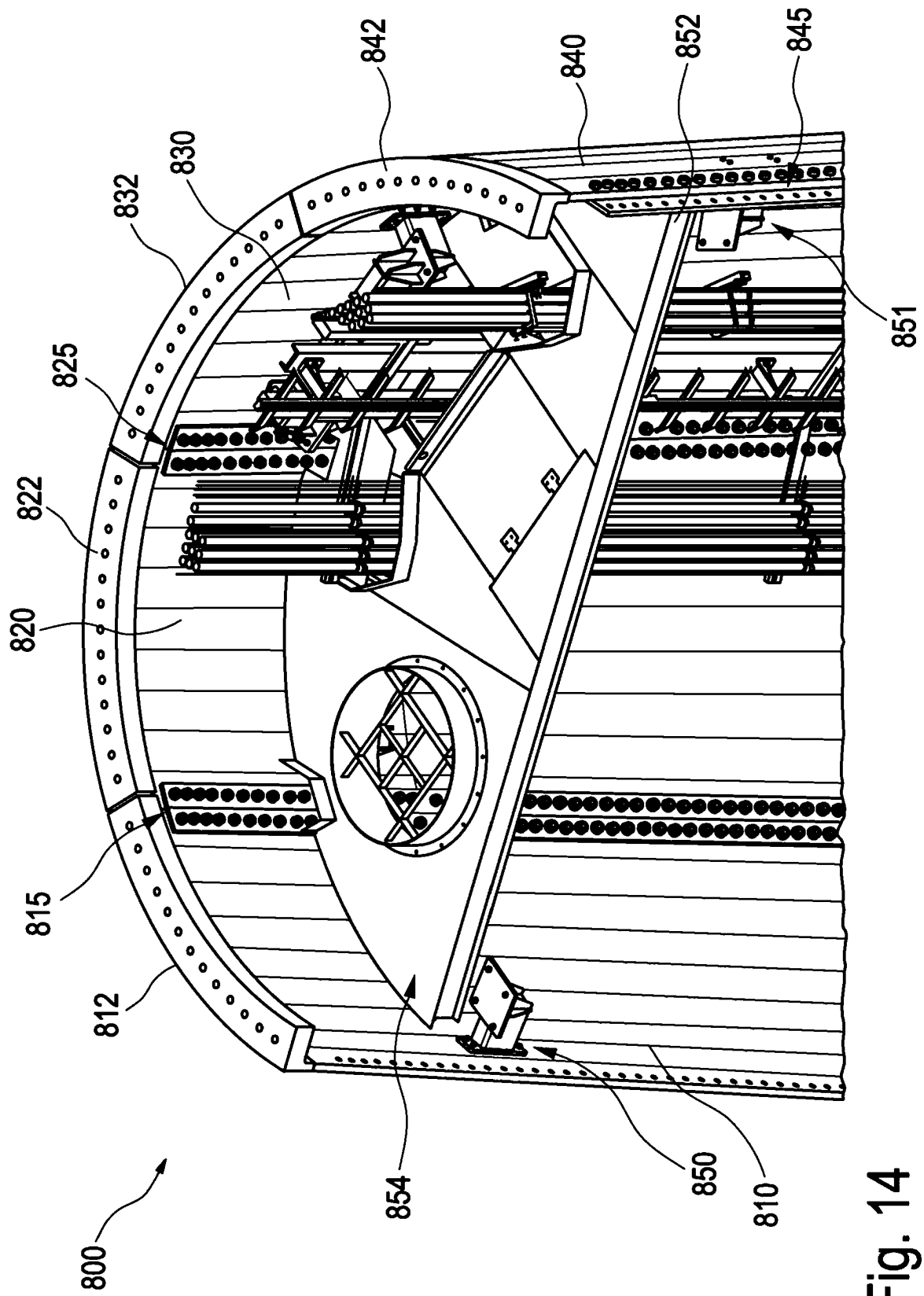


Fig. 13



**Fig. 14**

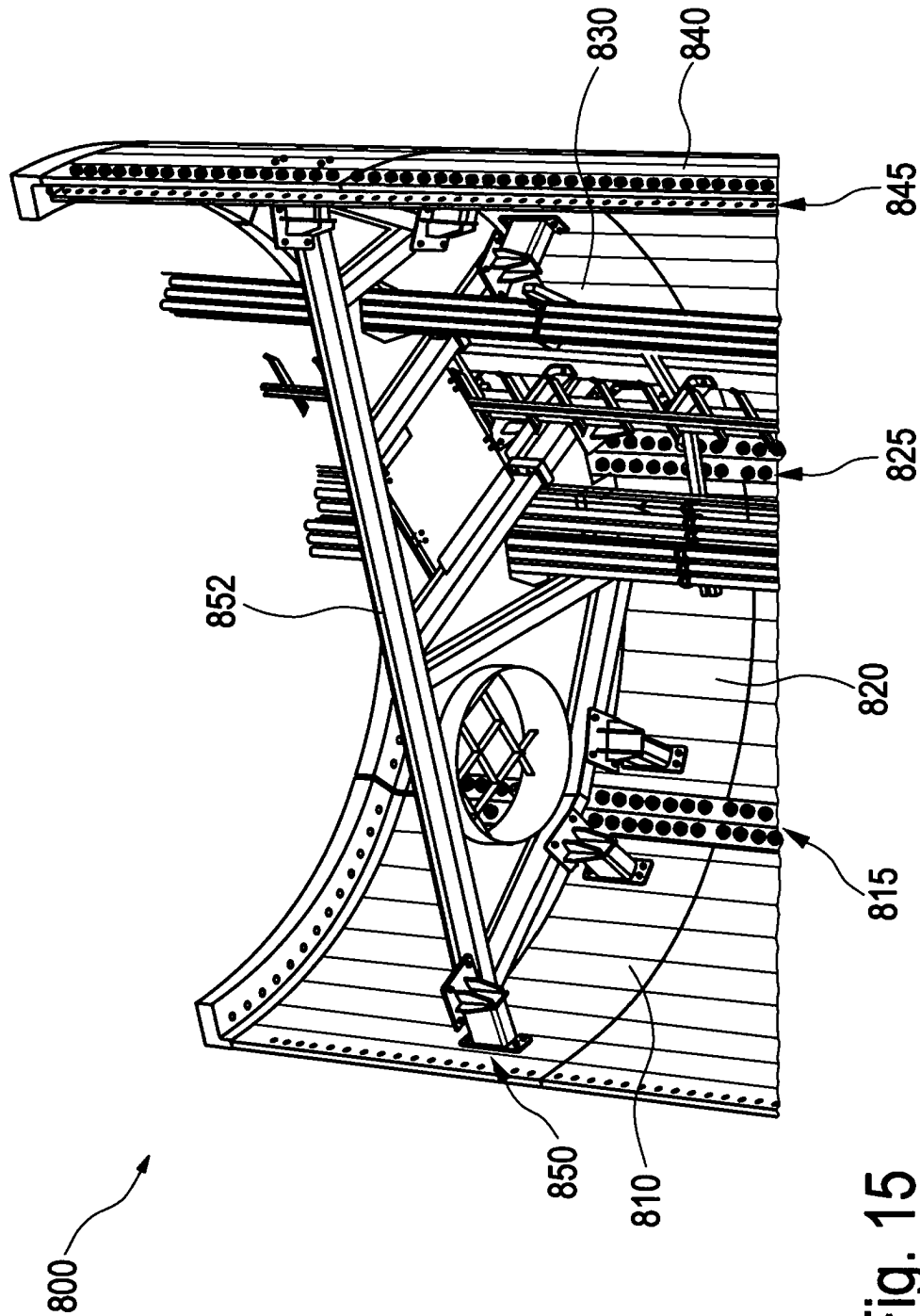


Fig. 15

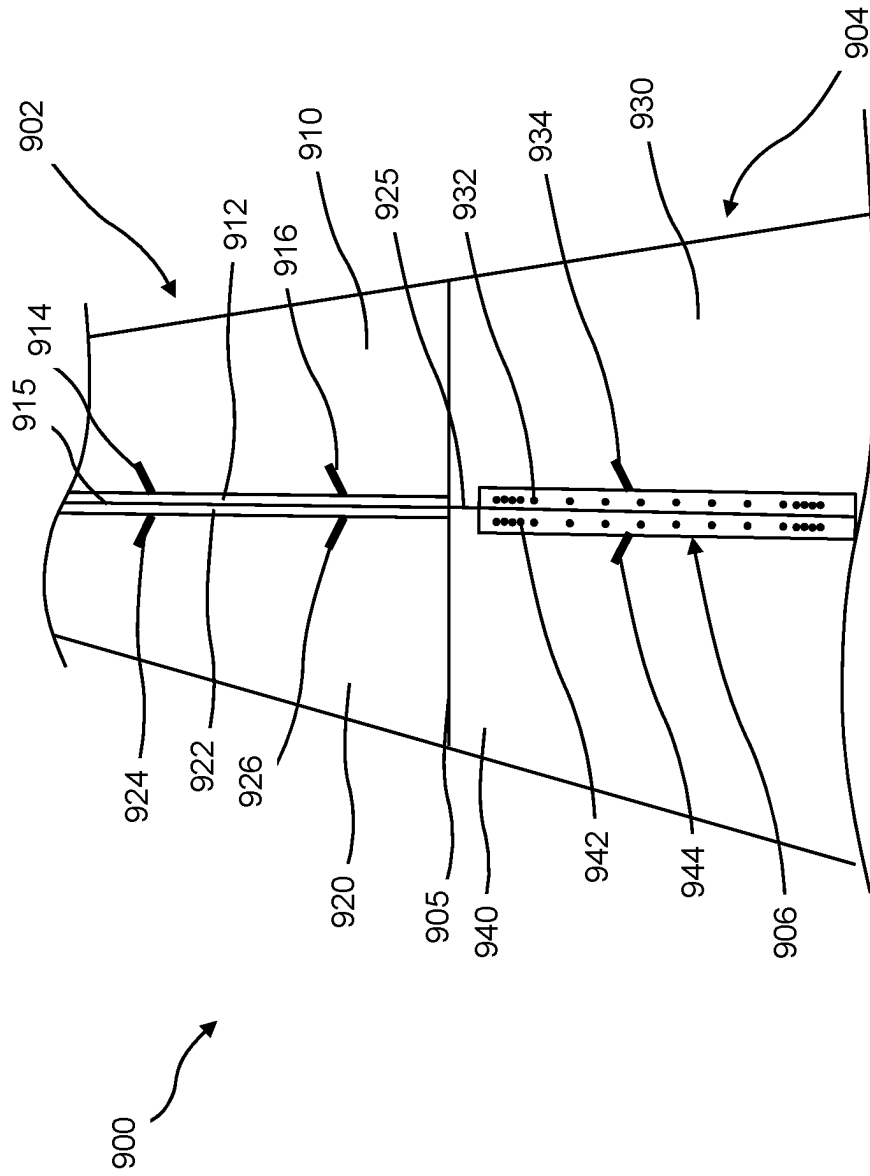


Fig. 16