(19) **Bundesrepublik Deutschland**
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 603 17 372 T2** 2008.08.21

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 606 514 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 17 372.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP03/02888**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 708 258.3**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/083633**
(86) PCT-Anmeldetag: **19.03.2003**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **30.09.2004**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.12.2005**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **07.11.2007**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.08.2008**

(51) Int Cl.[8]: ***F03D 11/04*** (2006.01)
***F03D 1/00*** (2006.01)

(73) Patentinhaber:
**Vestas Wind Systems A/S, Ringkobing, FI**

(74) Vertreter:
**Samson & Partner, Patentanwälte, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR**

(72) Erfinder:
**JENSEN, Sören P., DK-6800 Varde, DK**

(54) Bezeichnung: **GROSS BEMESSENE TÜRME FÜR WINDKRAFTANLAGEN UND VERFAHREN ZUM ERBAUEN SOLCHER TÜRME**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

### BEREICH DER ERFINDUNG

**[0001]** Die Erfindung betrifft groß bemessene Türme von Windkraftanlagen aus einwandigen Stahlturmabschnitten, von denen jeder vorgefertigte Mantelsegmente umfasst.

**[0002]** Viele Jahre lang war es übliche Praxis, Stahlturmabschnitte gesondert in einer Werkstattanlage zu bauen und dann jeden vollständigen Abschnitt zur Baustelle zu bewegen, wo der Aufbau der Windkraftanlage durchgeführt werden sollte. Die Turmabschnitte hatten in typischer Weise eine zylindrische oder leicht konische Form, und jeder der Abschnitte konnte wiederum längs axialer Linien in eine angemessene Anzahl von Mantelabschnitten unterteilt werden.

**[0003]** Wegen der immer mehr zunehmenden Anforderung an Windkraftwerke mit größerer Kapazität und demzufolge an größere Abmessungen aller Teile, die zum Bau solcher Windkraftanlagen erforderlich waren, ist nun eine physische Grenze erreicht, die von der Infrastruktur, z. B. dem Platz unter einer Brücke oder in einem Tunnel, auferlegt ist.

**[0004]** Dementsprechend ist die Idee, Turmstrukturen zu unterteilen, naheliegend, um deren Transport zu erleichtern.

### STAND DER TECHNIK

**[0005]** Die DE-A-38 42 026 wird als der nahe kommendste Stand der Technik angesehen, und sie beschreibt einen Turm für z. B. eine Windkraftanlage der eine Anzahl verjüngter Turmabschnitte umfasst, die weiter in längliche Mantelsegmente unterteilt sind, die zu vollständigen Turmabschnitten zusammengefasst werden, die ihrerseits zu einem vollständigen Turmaufbau zusammengefasst werden.

**[0006]** Die genannten Mantelsegmente werden über einen hölzernen Unterbau aufgebracht, indem man den Unterbau mit Schichten von verstärktem Harz abdeckt und das Harzmaterial rund um die Kanten herumschlägt, um große, zurück gebogene Kontaktbereiche zu bilden, um mehrere Segmente zusammenzukleben, und um ein Faserband rund um die nebeneinander liegenden Kontaktbereiche zu schlagen, wodurch man schädigenden Eingriff durch Schwingungskräfte vermeidet.

**[0007]** Alle Verbindungen, die für die Verankerungsbolzen ausgenommen, werden dadurch sichergestellt, dass man sie zusammenlaminiert.

**[0008]** Aus der US 3 935 633 „Herstellungsverfahren für einen Tank" ist es bekannt, einen Tank oder aufrechten Zylinder aus Stahl dadurch zu bauen, dass man bogenförmige Abschnitte aus Blech, die auf einer konkaven Unterlage ausgelegt sind, miteinander verbindet, wobei die Blechabschnitte in überlappender Zuordnung aneinander dadurch befestigt werden, dass man sie mit vertikalen Trägern verschraubt. Dort sind keine Montageflansche vorgesehen.

**[0009]** Die veröffentlichte DE 198 32 921 beschreibt einen Turmaufbau besonders für eine Windkraftanlage mit einem Bodendurchmesser größer als 6 m, wobei dieser Turm innere und äußere Mantelsegmente aus Stahl umfasst, die an der Baustelle montiert werden müssen, woraufhin Beton in den Raum zwischen dem inneren und äußeren Mantel eingebracht wird, um die notwendige Festigkeit herzustellen, um der Kraft aus Winddruck und dem Kopf der Windkraftanlage standzuhalten.

**[0010]** Beim Turm aus dem Stand der Technik wird beansprucht, dass der innere und äußere Mantel mit dem Kern aus Beton bei der Bereitstellung der geforderten, Last tragenden Kapazität zusammenwirken.

**[0011]** Außerdem ist jedes der Mantelsegmente mit vertikalen und horizontalen Winkelkanten versehen, die eine Anzahl von Durchgangslöchern haben, um die Segmente, z. B. mittels Schrauben, miteinander zu verbinden. Dies dient dem Zweck, eine gewisse horizontale Steifigkeit herzustellen, die für die Mantelsegmente erforderlich ist, um als Abschlusswände dienen zu können.

**[0012]** Die Windkraft nimmt mit dem Quadrat der Windgeschwindigkeit zu, und demzufolge sollte die zu bemessende Struktur umso kräftiger sein, je höher die Türme einer Windkraftanlage sind, was wiederum bedeutet, dass entweder die Wandstärke oder der Durchmesser erhöht werden sollte.

**[0013]** Wenn man den optimalen Durchmesser auf der Grundlage von Last aufnehmender Kapazität, Steifigkeit und natürlichen Frequenzen bestimmt, würden die Durchmesser großer Turmstrukturen die erlaubten Transportbegrenzungen nach vertikaler und horizontaler Größe überschreiten. Die Gründe, größere Durchmesser zu fordern, sind darin zu finden, dass Festigkeit und Steifigkeit mit der Dicke des Stahlblechs in der ersten Potenz zunehmen, während sie in Zuordnung zum Durchmesser in der zweiten bzw. dritten Potenz zunehmen. Die mathematische Erklärung, worin D den Hauptdurchmesser und t die Dicke darstellen, ist es, dass die Last tragende Kapazität dem Widerstandsmoment entspricht,

$$Q = (\pi/4) \times D^2 \times t,$$

während die Steifigkeit (oder Biegung) dem Trägheitsmoment entspricht,

$I = (\pi/8) \times D^3 \times t$.

**[0014]** So ist es vorteilhafter, den Turmdurchmesser zu erhöhen, als die Blechdicke.

**[0015]** Erhöhte Dicke würde höhere Materialkosten und das Erfordernis schwerer Transportfahrzeuge bedeuten, seien es nun Lastwagen, Züge, Schiffe oder Hubschrauber, während die Durchmesser klein genug sein müssen, um es zu ermöglichen, dass die Fahrzeughöhen in typischer Weise 4,20 m nicht überschreiten, um unter Brücken und in Tunneln noch fahren zu können.

**[0016]** Um einen Kompromiss herzustellen und den Vorteil aus erhöhten Durchmessern ziehen zu können, müssen zu breite Abschnitte längs vertikaler Linien aufgeteilt werden, so dass die Mäntel der Länge nach umgelegt werden können, mit einer Lasthöhe, die zum Transport noch geeignet ist.

**[0017]** Eine solche Lösung hat allerdings den Nachteil, ein größeres Maß an Handarbeit an ungeeigneten Plätzen zu erfordern, und kann vielleicht Tragestrukturen zu den Unter-Bauteilen hinzuzufügen,, was der Grund dafür ist, dass sie bisher noch nicht als profitable Lösung in Betracht gezogen wurde.

## OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

**[0018]** Es ist Ziel der Erfindung, für eine Turmstruktur mit großem Durchmesser für eine Windkraftanlage zu sorgen, die die Gesamtkosten für eine errichtete Struktur beibehält oder senkt, wobei dieser Turm den Transport unter Beachtung der typischen logistischen Beschränkungen ermöglicht.

**[0019]** Ein anderes Ziel der Erfindung ist es, für ein Verfahren zur Herstellung der Bauelemente eines Turms und deren Transport auf einen großen Anhänger hinter einem Lastwagen, auf einem Leichter hinter einem Schiff oder den Transport über fliegende Trageinrichtungen zu sorgen.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0020]** Gemäß der Erfindung wird eines dieser Ziele erreicht durch einen Stahlturm für eine Windkraftanlage, der eine Anzahl von zylindrischen oder konischen Turmabschnitten umfasst, wobei wenigstens dessen breitere Abschnitte in zwei oder mehrere längliche Mantelabschnitte unterteilt sind, die sich mittels vertikaler Flansche zu einem vollständigen Turmabschnitt kombinieren, die zum Beispiel durch Bolzen zusammengespannt sind, und wobei die genannten Mäntel auch mit oberen bzw. unteren Flanschen versehen sind, um die gegenseitige Verbindung der Turmabschnitte aufeinander zu ermöglichen.

**[0021]** Außerdem wird ein anderer Vorteil der Erfindung erzielt durch ein Verfahren zum Bauen eines großformatigen, zylindrischen oder konischen Turms für eine Windkraftanlage, aus einwandigen Stahl-Turmabschnitten aus vorfabrizierten Mantelsegmenten, wobei wenigstens die breiteren Abschnitte längs vertikaler Linien in Segmente unterteilt und durch Flansche miteinander Verbunden sind, die längs ihrer Kanten vorgesehen sind, umfassend die Schritte:

a) Bereitstellen von zwei oder mehreren Mantelabschnitten aus einem gewalzten Stahlblech mit dem geforderten Krümmungsradius, wobei die genannten Mantel gemeinsam einen vollständigen, sich in Umfangsrichtung erstreckenden Turmabschnitt bilden,

b) Versehen eines jeden Mantelsegments mit vertikalen und horizontalen Verbindungsflanschen längs deren freier Kanten,

c) Anbringen eines oder mehrerer Mantelsegmente an einem Transportwagen,

d) Transportieren der genannten, getragenen Segmente zur Baustelle,

e) Zusammenmontieren der Mantelsegmente längs deren vertikaler Flansche, um einem Turmabschnitt vorzusehen, durch Verbindungsmittel, zum Beispiel Bolzen, und

f) Aufeinandermontieren der Turmabschnitte dadurch, dass man sie längs ihrer gegenüberliegenden horizontalen Flansche durch Verbindungsmittel, zum Beispiel Bolzen, verbindet.

**[0022]** In einer vorteilhaften Ausführung des Verfahrens wird das gewalzte Stahlblech, das einen Mantel von 360° bildet, zusammengeschweißt, um einen zylindrischen oder konischen Turmabschnitt zu bilden, woraufhin der genannte Abschnitt in die geforderte Anzahl länglicher Mantelabschnitte zerschnitten wird.

**[0023]** In einer anderen, vorteilhaften Ausführung des Verfahrens und vorausgehend zum Schritt a) wird eine Anzahl der gewalzten, länglichen Mantelabschnitte längs ihrer aneinander anschlagenden horizontalen Kanten zusammengeschweißt, um größere Längenabschnitte der Turm-Mantelabschnitte zu bilden.

**[0024]** Ferner wird das Verfahren bevorzugt umfassen, dass die Flansche im Schritt b) in einer Position verschweißt werden, in der sie zur Mitte des Turmes weisen. Dies belässt eine glatte Außenoberfläche des Turmes.

**[0025]** Die vertikalen Flansche werden bevorzugt in einem solchen Abstand von der Kante des jeweiligen Mantels zusammengeschweißt, dass eine Distanzstange zwischen den Flanschen eingefügt werden kann, wenn sie aneinander befestigt werden. Eine vertikale Verbindung, die nach dem Verbinden zweier benachbarter Mäntel über eine Distanzstange sicht-

bar ist, wird bevorzugt durch Einsetzen eines Füllmaterials und/oder eines Füllelements verdeckt.

**[0026]** In einem bevorzugten, erfindungsgemäßen Verfahren wird die gegenseitige Verbindung durchgeführt, nachdem man die vertikalen Verbindungslinien benachbarter Turmabschnitte gegeneinander versetzt hat. Auch das Ausrüsten eines jeden Mantels mit notwendigen Leitern usw. sollte vor dem Transport zur Baustelle durchgeführt werden, wodurch man den Arbeitsaufwand auf der Baustelle so weit wie möglich verringert.

**[0027]** Schließlich werden bevorzugt alle Teile des Turmaufbaus schon in der Werkstatt vor dem Transport oberflächenbehandelt, um den besten Widerstand gegen die aggressiven Umweltbedingungen herzustellen, die oft an den Orten von Windkraftanlagen vorherrschen.

**[0028]** Eine bevorzugte Ausführung des Turmes zeigt, dass mindestens einer der Turmabschnitte in drei Segmente von im wesentlichen gleicher Bogenlänge, d. h. von jeweils 120°, unterteilt ist.

**[0029]** Um eine für den Transport befriedigende und praktische Länge eines Mantelsegments vorzusehen, könnte ein solches Segment vorteilhafter Weise aus mindestens zwei Längenabschnitten von Segmenten bestehen, die längs ihrer aneinander anschlagenden, horizontalen Kanten zusammengeschweißt werden und längs der obersten und untersten freien Kanten mit horizontalen Flanschen versehen sind, wobei die genannten Flansche mit einer Anzahl von Durchgangslöchern für Verbindungsbolzen versehen sind.

**[0030]** In einer verbesserten Ausführung der Erfindung werden die vertikalen Flansche an die Mantelsegmente gegenüber deren Kanten um einen Abstand versetzt angeschweißt, der zwischen den gegenüberliegenden Oberflächen von Flanschen einen Zwischenraum für eine Distanzstange belässt, die zwischen ihnen eingefügt wird, wenn die Flansche zusammengeschraubt werden, was eine kräftige und sichere Verbindung ermöglichen wird. Die genannte Distanzstange könnte mit Durchgangslöchern versehen sein, die zu den Löchern in den Flanschen passen, und bevorzugt würde jedes Loch in der Distanzstange eine Kerbe haben, die sich von einer Kante der Stange bis in das Loch erstreckt und breit genug ist, um ein seitliches Verschieben der Stange über einen Bolzen zu gestatten.

**[0031]** Es wird eine glatte Außenoberfläche des Turmes erreicht, wenn die vertikalen und horizontalen Verbindungen zwischen den Segmenten bzw. den Abschnitten dadurch abgedeckt werden, dass man ein Füllmaterial und/oder ein Füllelement einfügt.

**[0032]** Ein zeitsparender Aspekt der Arbeit mit Mantelsegmenten liegt darin, dass sie bequem mit einer Ausrüstung in Form von, zum Beispiel, Leiterabschnitten und Kabelarmaturen versehen werden können, bevor sie zur Baustelle transportiert werden.

**[0033]** Der erfindungsgemäße Turm und das beschriebene Verfahren zum Aufbauen eines solchen Turms bieten bemerkenswerte ökonomische Einsparungen bei vorliegenden und künftigen Türmen mit großem Durchmesser, die auf dem Sektor der Windenergie gefordert werden, und die Türme sind unmittelbar betreibbar, da sie mit allen Installationen ausgestattet werden können, bevor sie die Werkstatt verlassen, so dass sie nur noch auf der Baustelle zusammengefügt zu werden brauchen.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0034]** Ein Beispiel einer vorteilhaften Ausführung der Turmes und des Verfahrens der Erfindung wird unten unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in denen:

**[0035]** Fig. 1 eine Seitenansicht eines dreier Mantelsegmente eines Abschnitts für den Turm einer Windkraftanlage gemäß der Erfindung ist und aus mehreren Längen von Mänteln besteht, die nacheinander zusammengeschweißt wurden,

**[0036]** Fig. 2 eine Perspektivansicht eines Turmes ist, der aus drei Segmenten besteht, die in seitlicher Richtung zusammengeschraubt wurden,

**[0037]** Fig. 3 eine detaillierte Ansicht einer vertikalen Flanschverbindung im Inneren des Turmabschnitts ist, der sich senkrecht zur Ebene der Zeichnung erstreckt,

**[0038]** Fig. 4 eine detaillierte Ansicht horizontaler bzw. vertikaler Flansche ist, die in Fig. 2 mit einem Kreis angemerkt sind,

**[0039]** Fig. 5 die Ansicht eines Querschnitts eines Turmabschnitts ist, der drei Mantelsegmente umfasst, und

**[0040]** **Fig.** 6 ein Mantelsegment ist, das zur Beförderung auf einem Lastwagen bereitsteht.

## DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0041]** Ein Mantelsegment des Turms einer Windkraftmaschine, der erfindungsgemäß aufgebaut ist, ist in Fig. 1 gezeigt, und weitere Einzelheiten sind in Fig. 2–Fig. 5 gezeigt. Der Turm umfasst eine Anzahl von Mantelsegmenten **1** aus gewalzten Stahlblechen, die nebeneinander liegend zusammengeschraubt sind und vollständige Turmabschnitte **2** zu

bilden (siehe Fig. 2 und Fig. 5), wobei die genannten Abschnitte übereinanderliegend durch Schrauben befestigt sind (siehe Fig. 3 und Fig. 4). In Fig. 2 zeigt ein Segment **3** mehrere Mantel-Längenabschnitte **3**, die längs aneinander anliegender oberer und unteren Kanten zusammengeschweißt sind. Jede obere und untere Kante eines kombinierten Mantelsegment-Längenabschnitts **3** ist mit einem ebenen Flansch **4** versehen, der sich einwärts erstreckt und eine große Anzahl von Durchgangslöchern **5** zur Aufnahme entsprechender Schrauben trägt, um die Abschnitte fest zusammenzuspannen.

**[0042]** Ebene, vertikale Flansche **6**, die mit einer großen Anzahl von Durchgangslöchern **7** versehen sind, sind in einem solchen Abstand von der Kante des jeweiligen Mantels verschweißt, dass ein länglicher Distanzstab **9** sandwichartig zwischen die vertikalen Flansche **6** eingespannt werden kann, wenn sie mittels Schrauben **10** zusammengespannt werden.

**[0043]** Auf der Außenseite des Turms sind vertikale Verbindungen **11** sichtbar, bis die Verbindung mit einem Füllmaterial und/oder einem Füllelement **12** aufgefüllt ist.

**[0044]** Auf eine ähnliche Weise könnten auch die horizontalen Verbindungen zwischen den Abschnitten unsichtbar gemacht werden.

**[0045]** In einer praktischen Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist ein Turm-Mantelsegment mit z. B. einem Leiterabschnitt oder mit Kabelbefestigungen versehen, bevor es zur Baustelle transportiert wird. Ein solcher Transport wird dadurch ausgeführt, dass man ein Mantelsegment auf eine Unterlage **1** aufsetzt, die ihrerseits auf einem Tragrahmen oder einer Tragestruktur **13** aufgesetzt wird, die bevorzugt mittels Rädern **15** (**Fig.** 6) und mittels eines Lastwagens (nicht gezeigt) beweglich ist.

**[0046]** Es ist offensichtlich, dass die Anzahl von Mantelsegmenten, in die ein Abschnitt unterteilt wird, in Anbetracht der Einschränkungen bestimmt werden kann, die von der Infrastruktur auferlegt werden; das heißt, niedrige Brücken, enge Tunnels usw..

**[0047]** Ferner ist die Auswahl der Verbindungsmittel in keiner Weise auf Schrauben und Muttern beschränkt, sondern sie sind übliche und geeignete Mittel, besonders auch, um einen Vorteil aus der vorgefertigten Oberflächenbehandlung zu ziehen, die unbeschädigt bleiben sollte.

## Patentansprüche

1. Turm (**1**) für eine Windkraftanlage, der eine Anzahl von zylindrischen oder konischen Turmabschnitten (**2**) umfasst, wobei wenigstens dessen breitere Abschnitte (**2**) in zwei oder mehrere längliche Mantelsegmente (**3**) unterteilt sind, die sich zu einem vollständigen Turmabschnitt (**2**) kombinieren, wobei die genannten Mantelsegmente mit vertikalen Flanschen (**6**) versehen sind, die zum Beispiel durch Bolzen (**10**) zusammengespannt sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass der genannte Turm aus Stahl aufgebaut ist, und die genannten Mäntel auch mit oberen bzw. unteren, horizontalen Flanschen (**4**) versehen sind, um die gegenseitige Verbindung der Turmabschnitte (**2**) aufeinander zu ermöglichen.

2. Stahlturm nach Anspruch 1, wobei wenigstens einer der Turmabschnitte (**2**) in drei Segmente (**3**) von im Wesentlichen gleicher Bogenlänge, das heißt, jeweils 120°, unterteilt ist.

3. Stahlturm nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein Mantelsegment (**3**) wenigstens zwei Längenabschnitte von Segmenten (**3**) umfasst, die längs ihrer zusammenstoßenden, horizontalen Kanten zusammengeschweißt sind und mit horizontalen Flanschen (**4**) längs der freien obersten und untersten Kante ausgestattet sind, wobei die genannten Flansche (**4**) mit einer Anzahl von Durchgangslöchern (**5**) für Verbindungsbolzen versehen sind.

4. Stahlturm nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die vertikalen Flansche (**6**) auf die Mantelsegmente (**3**) aufgeschweißt sind, gegenüber den entsprechenden Kanten um einen Abstand versetzt, der einen Raum zwischen gegenüberliegenden Oberflächen von Flanschen (**6**) für eine Distanzstange (**9**) freilässt, die zwischen ihnen, wenn die Flansche zusammengeschraubt werden, eingefügt wird.

5. Stahlturm nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die genannte Distanzstange (**9**) mit Durchgangslöchern versehen ist, die zu den Löchern in den Flanschen (**6**) passen, und bevorzugt jedes Loch in der Distanzstange (**9**) eine Kerbe hat, die sich von der Kante der Stange (**9**) bis in das Loch erstreckt und breit genug ist, um ein seitliches Verrutschen der Stange (**9**) über einem Bolzen (**10**) zu gestatten.

6. Stahlturm nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die vertikalen und/oder horizontalen Verbindungen zwischen den Segmenten (**3**) bzw. den Abschnitten (**2**) dadurch abgedeckt werden, dass man ein Füllmaterial und/oder ein Füllelement (**12**) einfügt.

7. Stahlturm nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Mantelsegment (**3**) mit einer Ausrüstung in Form von, zum Beispiel, einem Leiterabschnitt und Kabelarmaturen versehen wird, bevor es zur Baustelle transportiert wird.

8. Verfahren zum Bauen eines großformatigen, zylindrischen oder konischen Turms (**1**) für eine Windkraftanlage, aus einzelwandigen Stahl-Turmabschnitten (**2**) aus vorfabrizierten Mantelsegmenten (**3**), wobei wenigstens die breiten Abschnitte (**2**) in Segmente (**3**) längs vertikaler Linien (**11**) unterteilt und durch Flansche (**4**, **6**) miteinander verbunden sind, die längs ihrer Kanten vorgesehen sind, umfassend die Schritte:
a) Bereitstellen von zwei oder mehreren Mantelsegmenten (**3**) aus einem gewalzten Stahlblech mit dem geforderten Krümmungsradius, wobei die genannten Mäntel gemeinsam einen vollständigen, sich in Umfangsrichtung erstreckenden Turmabschnitt (**2**) bilden,
b) Versehen eines jeden Mantelabschnitts (**3**) mit vertikalen und horizontalen Verbindungsflanschen (**6**, **4**) längs deren freier Kanten,
c) Anbringen eines oder mehrerer Mantelsegmente (**3**) an einem Transportwagen oder Tragrahmen (**13**),
d) Transportieren der getragenen Segmente (**3**) zur Baustelle,
e) Zusammenmontieren der Mantelsegmente (**3**) längs deren vertikaler Flansche (**6**), um einen oder mehrere Turmabschnitte (**2**) vorzusehen, durch Verbindungsmittel (**10**), zum Beispiel Bolzen, und
f) Aufeinandermontieren der Turmabschnitte (**2**) dadurch, dass man sie längs ihrer gegenüberliegenden horizontalen Flansche (**4**) durch Verbindungsmittel, zum Beispiel Bolzen, verbindet.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das gewalzte Stahlblech in Schritt a) einen Mantel von 360° bildet, der anfangs zusammengeschweißt wurde, um einen zylindrischen oder konischen Turmabschnitt (**2**) zu bilden, und der dann in die geforderte Anzahl länglicher Mantelsegmente (**3**) zerschnitten wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, worin, dem Schritt a) vorangehend, eine fakultative Anzahl von gewalzten Stahlblechen in der Form länglicher Mantelsegmente (**3**) längs ihrer aneinander anschlagenden horizontalen Kanten zusammengeschweißt werden, um größere Längen des Turmmantels zu bilden.

11. Verfahren nach irgendeinem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei die Flansche (**4**, **6**) in Schritt b) in einer zur Mitte des Turmes (**1**) weisenden Position zusammengeschweißt werden.

12. Verfahren nach irgendeinem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei die vertikalen Flansche (**6**) in einem solchen Abstand von der Kante des jeweiligen Mantels zusammengeschweißt werden, dass eine Distanzstange (**9**) zwischen den Flanschen (**6**) eingefügt werden kann, wenn sie miteinander befestigt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei eine vertikale Verbindung (**11**), die nach dem Verbinden zweier benachbarter Mäntel über eine Distanzstange (**9**) sichtbar ist, durch Einsetzen eines Füllmaterials und/oder eines Füllelements (**12**) verdeckt wird.

14. Verfahren nach irgendeinem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei die gegenseitige Verbindung horizontaler Flansche (**4**) durchgeführt wird, nachdem man die vertikalen Unterteilungslinien (**11**) benachbarter Turmabschnitte zueinander versetzt hat.

15. Verfahren nach irgendeinem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei die Ausrüstung eines jeden Mantels mit notwendigen Leitern usw. vor dem Transport zur Baustelle durchgeführt wird.

16. Verfahren nach irgendeinem der vorhergehenden Verfahrensansprüche, wobei alle Teile des Turmaufbaus (**1**) in der Werkstatt oberflächenbehandelt werden, bevor sie zur Baustelle transportiert werden.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

**Anhängende Zeichnungen**

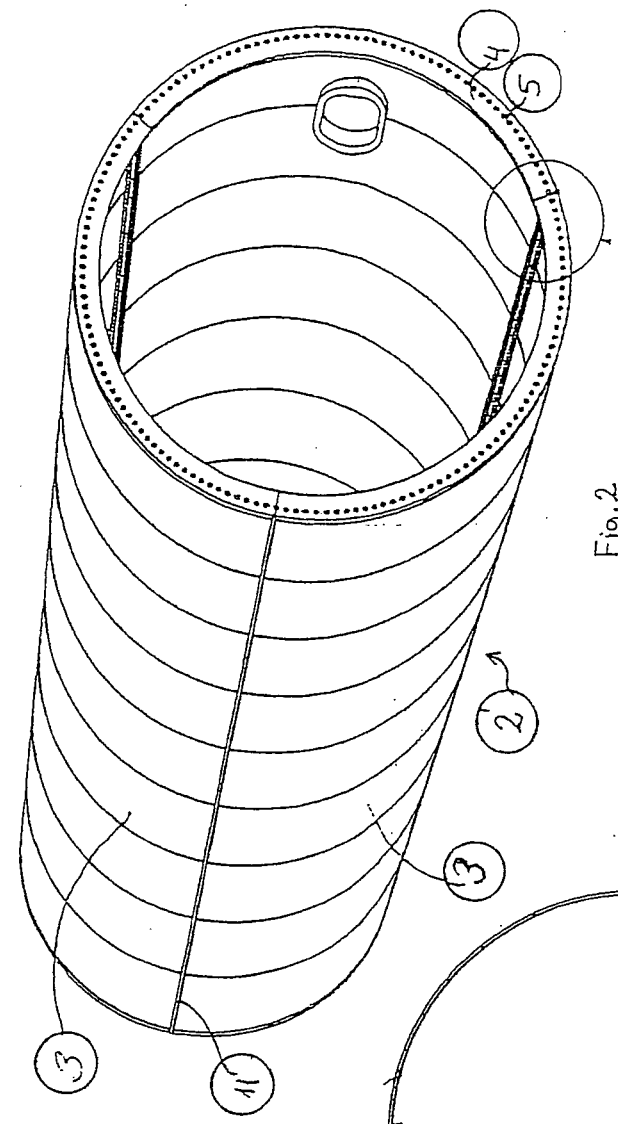


Fig.2

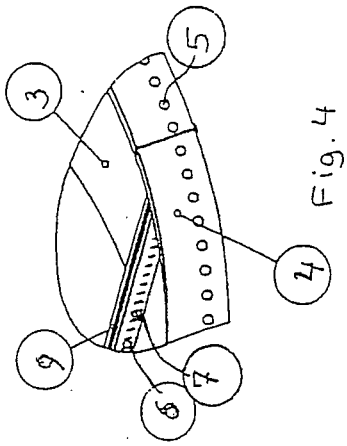


Fig.4

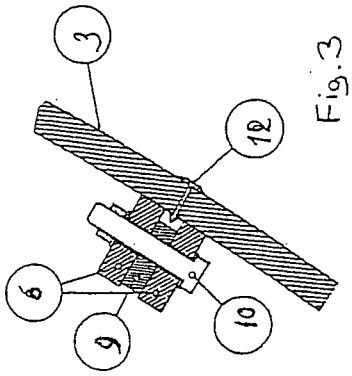


Fig.3

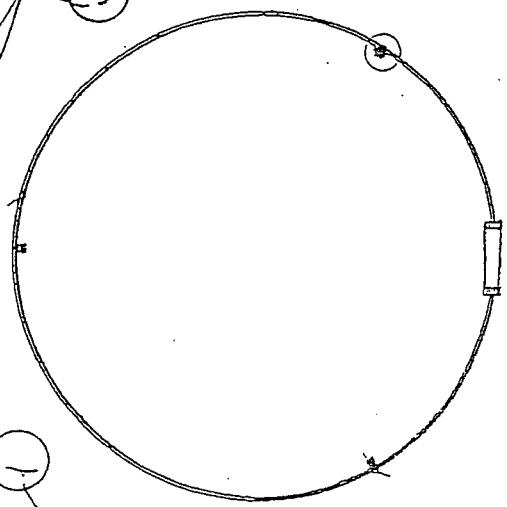

Fig.5

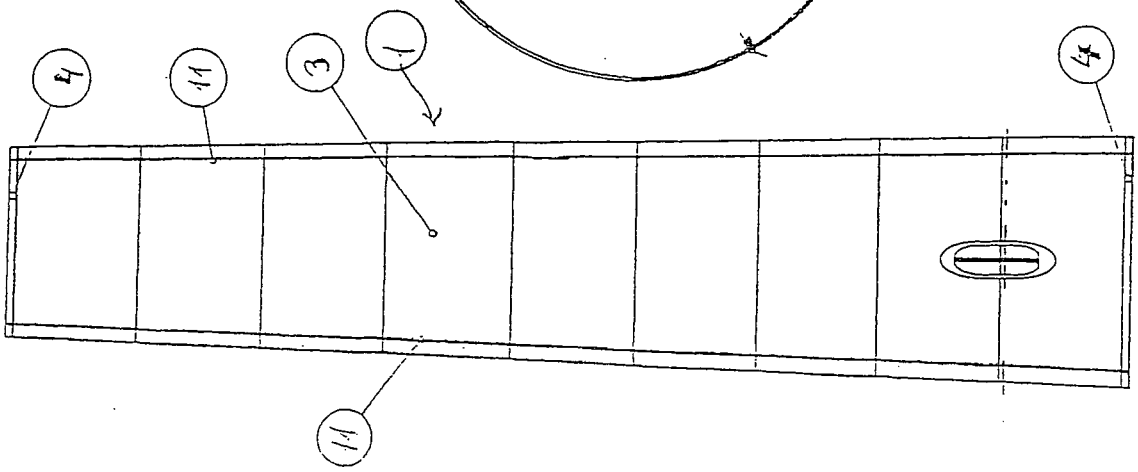


Fig.1