

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Oktober 2010 (28.10.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/121630 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
E04H 12/10 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/002928
- (22) Internationales Anmeldedatum:
22. April 2009 (22.04.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **RUUKKI DORTMUND GMBH** [DE/DE]; Könebachstraße 50, 44143 Dortmund (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HÜSEMANN, Klaus** [DE/DE]; Postdamm 15, 32351 Stewede (DE). **MEINERS, Willi** [DE/DE]; Dübberortstrasse 3, 49163 Bohmte (DE).
- (74) Anwalt: **GERSTEIN, Hans Joachim**; Gramm, Lins & Partner GbR, Freundallee 13a, 30173 Hannover (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

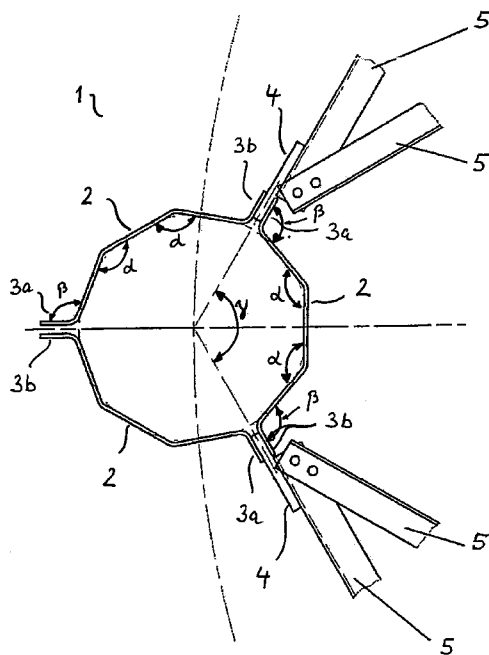
Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: TOWER FOR A WIND POWER PLANT

(54) Bezeichnung : TURM FÜR EINE WINDKRAFTANLAGE



(57) Abstract: The invention relates to a tower for a wind power plant having a plurality of corner bars (1) for forming a mast construction, wherein the corner bars (1) are each made up of a plurality of partial profiles (2) connected to each other and having opposing connection areas (3a, 3b) at which the adjacent partial profiles (2) of a corner bar (1) can be connected to each other, and wherein the partial profiles (2) each have two kink points in cross section extending in the longitudinal direction of the partial profiles (2) in a segment located between opposite connection areas (3a, 3b) of the partial profile. The corner bars (1) are each formed of at least three partial profiles (2), wherein the at least three partial profiles (2) of a corner bar (1) form a closed overall profile having an annular cross section, and that the joints at the connection of connection areas (3a, 3b) of adjacent partial profiles (2) of a corner bar (1) are each flush with an adjacent joint of an adjacent corner bar (1) extending the corner bar (1) in the longitudinal direction.

(57) Zusammenfassung: Ein Turm für eine Windkraftanlage mit einer Mehrzahl von Eckstielen (1) zur Bildung einer Mastkonstruktion wird beschrieben, wobei die Eckstiele (1) jeweils aus mehreren miteinander verbundenen Teilprofilen (2) zusammengesetzt sind, die gegenüberliegende Anschlussbereiche (3a, 3b) haben, an denen benachbarte Teilprofile (2) eines Eckstiels (1) miteinander verbindbar sind, und wobei die Teilprofile (2) jeweils in einem

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Fig. 1

WO 2010/121630 A2



Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

zwischen gegenüberliegenden Anschlussbereichen (3a, 3b) des Teilprofils (2) liegenden Abschnitt im Querschnitt zwei sich in Längserstreckungsrichtung der Teilprofile (2) erstreckende Knickstellen haben. Die Eckstiele (1) sind jeweils aus mindestens drei Teilprofilen (2) gebildet, wobei die mindestens drei Teilprofile (2) eines Eckstiels (1) ein im Querschnitt ringförmig geschlossenes Gesamtprofil bilden, und dass die Trennfugen an der Verbindung von Anschlussbereichen (3a, 3b) benachbarter Teilprofile (2) eines Eckstiels (1) sind jeweils in einer Flucht mit einer jeweils angrenzenden Trennfuge eines den Eckstiel (1) in Längserstreckungsrichtung verlängernden, benachbarten Eckstiels (1) angeordnet.

Turm für eine Windkraftanlage

Die Erfindung betrifft einen Turm für eine Windkraftanlage mit einer Mehrzahl von Eckstielen zur Bildung einer Mastkonstruktion, wobei die Eckstiele jeweils aus mehreren miteinander verbundenen Teilprofilen zusammengesetzt sind, die gegenüberliegende Anschlussbereiche haben, an denen benachbarte Teilprofile eines Eckstiels miteinander verbindbar sind, und wobei die Teilprofile jeweils in einem zwischen gegenüberliegenden Anschlussbereichen des Teilprofils liegenden Abschnitt im Querschnitt zwei sich in Längserstreckungsrichtung der Teilprofile erstreckende Knickstellen haben.

Fachwerk-Turmkonstruktionen mit aus Winkelprofilen gefertigten Eckstielen sind an sich hinreichend bekannt. Mit der Höhe der Türme und mit der Größe der auf dem Turm montierten Bauteile, wie insbesondere Windkraftanlagen, steigt die Belastung für die Winkelprofile. Diesen Belastungen kann in gewissem Grade durch den Einsatz von Profilen mit größeren Profilquerschnitten entsprochen werden. Die Profilquerschnitte können jedoch nicht im beliebigen Maße vergrößert werden, da die Fertigung von Winkelprofilen herstellungsbedingt Einschränkungen unterliegt.

20

Es existieren zahlreiche Ansätze, die Eckstiele von Fachwerkkonstruktionen so zu gestalten, dass größere Turmhöhen realisierbar sind. So ist beispielsweise bekannt, mehrere Winkelprofile durch Schweißen zu verbinden, bzw. bereits in der Fertigung ein kreuzförmiges Profil für Eckstiele zu produzieren. Diese Profilgestaltung ist in Bezug auf die erzielten Flächenträgheitsmomente der Eckstielkonstruktion nicht optimal.

25

In der DE 103 08 176 A1 wird vorgeschlagen, Eckstiele aus einem Formstahl zu fertigen, dessen Profil mindestens zwei Flanken aufweist, wobei die Flanken

mittels eines Trägers verbunden sind. Ein derart gestalteter Gitterturm bietet den Vorteil, dass das Profil der Eckstiele durch das Vorsehen eines zusätzlichen Trägers stärker ausgebildet ist. Dadurch ergeben sich Eckstiele mit einer gegenüber aus Winkelprofilen gefertigten herkömmlichen Eckstielen deutlich verbesserten Knicklänge.

Eine weitere Möglichkeit zur Realisierung hoher Türme ist es, die Anzahl der Eckstiele, die im Allgemeinen vier beträgt, zu erhöhen, um die statischen Vorgaben zu erfüllen. Dann befinden sich die durch Querverstrebungen verbundenen Schenkel der im allgemeinen verwendeten rechtwinkligen Winkelprofile nicht mehr annähernd in einer Flucht, so dass der Anschluss der Ausfachungstreben nicht parallel zu den entsprechenden Schenkeln der Winkelprofile erfolgt. Dies ist nachteilig.

Dieser Problematik kann begegnet werden, indem die Eckstiele aus mehreren Teilprofilen, im Allgemeinen bis zu einer Anzahl von vier, zusammengesetzt werden. Bei dieser Lösung werden jedoch weiterhin vier Eckstiele für die Mastkonstruktion eingesetzt.

Nachteilig ist, dass die für die Knickstabilität wichtigen Trägheitsradien sehr gering sind, da ein großer Teil der Querschnittsfläche der Eckstiele im Schwerpunktbereich liegt. Entsprechend sind viele Zwischenabstützungen der Eckstiele mittels Verstreben notwendig, was den konstruktiven Aufwand erheblich vergrößert.

25

Auf Grund dieser Problematik ist Konstruktion für Fachwerktürme vorteilhaft, bei denen die Eckstiele und die Ausfachung aus Rohren gebildet werden. Hierbei ist die Materialkonzentration im Profil der Eckstiele und im Profil der Ausfachungen in statisch optimaler Anordnung weit von der neutralen Phase des Profils entfernt. Allerdings sind die Anschlüsse der Ausfachungen und die Stöße der Eckstiele solcher Konstruktionen in der Regel durch Schweißverfahren hergestellt. Geschweißte Anschlüsse sind aufwendig in der Fertigung. Weiterhin haben Schweißnähte eine hohe Kerbwirkung, weshalb sie für dynamisch

30

beanspruchte Türme, wie bei Windkraftanlagen, stark überdimensioniert werden müssen und daher kaum in Frage kommen. Insbesondere vor dem Hintergrund neuer Generationen von Windkraftanlagen, deren Nabenhöhen über 80 m betragen und/oder deren Leistung über 2 Megawatt beträgt, sind auf Grund der hohen statischen und dynamischen Belastung der Turmkonstruktion neue Ansätze für die Gestaltung der Fachwerkkonstruktion entwickelt worden.

In der EP 1 442 807 A1 ist ein im Hinblick auf den Materialeinsatz und die Montage optimiertes Eckstielprofil beschrieben. Hierbei wird ein handelsübliches I-Profil, welches einen Mittelsteg und Gurte aufweist und unter der Bezeichnung „Peiner-Träger“ bekannt ist, nach dem Walzprozess der Profilherstellung in eine neue Form gebracht, so dass die Gurte einen Winkel von 90 Grad miteinander einschließen. Das so erzeugte neue Profil kann dabei offen oder geschlossen sein. Im letzteren Fall werden die Gurte an der Kontaktlinie miteinander verschweißt. Diese Fertigung ist aufwendig, da nach dem Walzen des I-Profils ein weiterer Fertigungsprozess notwendig ist.

Vorteil der vorgenannten Konstruktion gegenüber Winkelprofilen ist die große Querschnittsfläche, die mit nur einem Profil erreichbar ist, sowie der gegenüber Winkelkonstruktion größere Trägheitsradius. Nachteilig ist, dass der Trägheitsradius gegenüber einem vergleichbaren Rohr wesentlich (etwa Faktor 1,4) kleiner ist, und dass Verstrebungen der Eckstiele die Kräfte nicht in Richtung des Schwerpunktes des Profils einleiten, so dass die Eckstiele tordiert werden.

Ein anderer Ansatz zur Realisierung von Eckstielen mit einem geschlossenen Profil ist in der DE 10 2005 012 817 A1 offenbart. Es wird die Verwendung eines aus zwei offenen Teilprofilen bestehenden, im montierten Zustand geschlossenen, achteckigen Profils beschrieben. Der Querschnitt des montierten Profils entspricht nahezu eines Rohres. Die Teilprofile werden verschraubt. Die Streben werden mittels Anschlussblechen zwischen den Teilprofilen montiert, so dass auftretende Kräfte durch die Streben nahezu zentrisch in den durch die verschraubten Teilprofile gebildeten Eckstiel eingeleitet werden. Durch die Montage der Anschlussbleche ergibt sich ein Spalt zwischen dem verschraub-

ten Teilprofilen. Damit das montierte Profil in den statischen Eigenschaften einem geschlossenen Profil entspricht, sind unter anderem deshalb ggf. weitere Verschraubungen der Teilprofile zwischen den Streben notwendig. An diesen zusätzlichen Verschraubungen wird zwischen den Teilprofilen ein Distanzelement angeordnet, welches als Bindeblech bezeichnet wird. Der notwendige Abstand der zusätzlichen Verschraubungen und somit der Anzahl der notwendigen Bindebleche ergibt sich aus der Knickstabilität der Profilhälfte mit dem geringeren Flächenträgheitsmoment.

10 Weiterhin ergibt sich aus den geometrischen Bedingungen des Anschlusses der Streben, dass die Annäherung des Eckstielprofils an die statisch günstige Rohrform, zu Teilprofilen mit sehr unterschiedlichem Flächenträgheitsmoment führt.

15 Bei einem Turm mit z. B. Viereckstielen der vorgenannten Konstruktion ergibt sich für das äußere Blech des Eckstieles ein Winkel von ca. 270 Grad. Für das innere Blech ergibt sich entsprechend ein Winkel von ca. 90 Grad. In diesem Falle ergibt sich für das innere Blech ein im Verhältnis zum äußeren Blech geringes Flächenträgheitsmoment, woraus eine erhebliche Anzahl zusätzlicher
20 Verschraubungen und Bindebleche zwischen den Strebenanschlüssen resultiert. Da die Verschraubungen regelmäßig überprüft werden müssen, ergeben sich entsprechende Kosten, die von der Anzahl der verwendeten Bindebleche abhängen. Bei der Herstellung der Profile hat sich zudem herausgestellt, dass die Fertigung geschlossener achteckiger Profile fertigungstechnisch aufwendig
25 ist.

DE 10 2007 039 957 A1 offenbart eine Turmkonstruktion zur Realisierung großer Turmhöhen, bei der für die Konstruktion eines Eckstieles zwei Teilprofile verwendet werden, die zu einem Gesamtprofil montiert ein Eckstielsegment
30 bilden. Eine Innenkontur, die durch die Verbindung von drei inneren Eckpunkten des Gesamtprofils gebildet wird, hat nahezu die Form eines Dreieckes. Die Außenkontur des Gesamtprofils weist Anschlussbereiche für Anschlussbleche auf, an denen Streben des Gittermastes befestigt sind. Die Teilprofile haben

eine unterschiedliche Geometrie und müssen zudem mit Kantungen von bis zu 70 Grad versehen werden. Dies ist fertigungstechnisch aufwendig. Zudem bedingen starke Verformungen des Materials die Gefahr, dass starke Eigenspannungen bzw. Vorschädigungen durch die Verformung in das Material eingebracht werden.

Die Montage der Turmkonstruktion erfolgt durch Schraubverbindungen, vorzugsweise am Ort des Bauwerkes. Um die Zugänglichkeit zur Verschraubung der Profilhälften zu gewährleisten, sind in den Teilprofilen Handlöcher vorzusehen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen verbesserten Turm für eine Windkraftanlage mit einer Eckstielkonstruktion für Gittermasten zu schaffen, bei der die Eckstiele ein gleiches Flächenträgheitsmoment um beide Hauptachsen aufweisen und die möglichst einfach zu fertigen und zu montieren ist.

Der Aufgabe wird mit dem Turm mit dem Merkmal des Anspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Es wird vorgeschlagen, dass die Eckstiele jeweils aus mindestens drei Teilprofilen gebildet werden, wobei die mindestens drei Teilprofile eines Eckstiels ein im Querschnitt ringförmig geschlossenes Gesamtprofil bilden. Dies hat den Vorteil, dass die Teilprofile identisch sein können, wobei im Bereich der Trennfugen eingebaute Querstreben zur Bildung einer Mastkonstruktion auf eine Trennfuge eines benachbarten Eckstiels der bei einem Fachwerkturm sternförmig angeordneten Eckstiele ausgerichtet sind.

Dadurch, dass bei einer solchen symmetrischen Konstruktion die Trennfugen einer Verbindung von Anschlussbereichen benachbarter Teilprofile eines Eckstiels jeweils in einer Flucht mit einer jeweils angrenzenden Trennfuge eines den Eckstiel in Längserstreckungsrichtung verlängernden benachbarten Eckstiels angeordnet sind, lässt sich die Verbindung übereinander angeordneter

Eckstiele, d. h. die Verbindung zweier Eckstielsegmente zu einem Eckstiel, vereinfachen und der Kraftfluss optimieren.

Die Teilprofile sind an den beiden Knickstellen im Bereich zwischen den Anschlussbereichen vorzugsweise mit einem Innenwinkel von α von 120° bis 160° , vorzugsweise 140° abgekantet.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Anschlussbereiche an gegenüberliegenden Außenkanten eines Teilprofils mit einem Innenwinkel β von 110° abgekantet sind. Dabei sollten die sich die gegenüberliegenden, abgekanteten Anschlussbereiche angrenzender Teilprofile, die an den Anschlussbereichen miteinander verbunden sind, parallel zueinander ausgerichtet sein. Die Anschlussbereiche eines Teilprofils sollten dann im Querschnitt in einem Winkel im Bereich von 150° bis 125° , vorzugsweise von 110° zueinander ausgerichtet werden.

Auf diese Weise ist es möglich, ein im Querschnitt geschlossenes Gesamtprofil des Eckstiels aus den Teilprofilen zu bilden, wobei die Teilprofile mit Hilfe der parallel zueinander ausgerichteten Anschlussbereiche statisch optimal miteinander verbindbar sind.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn Koppelbleche zur Koppelung von Teilprofilen vorgesehen sind, die jeweils mindestens mit den beiden gegenüberliegenden Anschlussbereichen eines zuordneten Teilprofils verbunden sind. Mit Hilfe dieser Koppelbleche lassen sich die Teilprofile dadurch versteifen, dass ihre ansonsten nur mit Anschlussbereichen benachbarter Teilprofile verbundenen Anschlussbereiche durch Verbindung miteinander zusätzlich versteift werden. Die Koppelbleche sorgen für eine Versteifung der Teilprofile der Eckstiele an den durch die Krafterleitung der Querstreben besonders beanspruchten Stellen, insbesondere wenn die Koppelbleche im Bereich der Höhe der Querstreben angebracht sind.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn mindestens zwei benachbarte Koppelbleche

von zwei aneinander angrenzenden, einen Eckstiel bildenden Eckstielsegmente miteinander verbunden sind. Die Koppelbleche zweier aneinander angrenzender, einen Eckstiel bildenden Eckstielsegmente können aber auch einstückig ausgeführt sein. Auf diese Weise können die Koppelbleche zur Verbindung der
5 übereinander angeordneten Teilprofile zweier Eckstielsegmente bzw. Eckstiele dienen.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Koppelbleche in einem zwischen den Verbindungsstellen mit den gegenüberliegenden Anschlussbereichen eines zugeordneten Teilprofils liegenden Bereich in einem Winkel δ im Bereich von 110° bis 130° , vorzugsweise 120° abgekantet sind. Auf diese Weise verlaufen die Koppelbleche durch den Schwerpunkt des zugehörigen Eckstiels, so dass die auf einer Höhe eines Eckstiels angebrachten mehreren Koppelbleche einen Stoßstern bilden, der durch den Schwerpunkt des Eckstiels läuft und dessen
10 freie Enden zu den Anschlussbereichen der Teilprofile eines Eckstiels hin gerichtet sind. Dieser Stoßstern kann aus mehreren separaten Koppelblechen oder aus einem einstückigen sternförmigen Koppelblech gebildet sein.

Die Koppelbleche können jeweils zwischen zwei Anschlussbereichen benachbarter Teilprofile geführt werden, wobei die benachbarten Teilprofile an den beiden Anschlussbereichen und dem Koppelblech miteinander verbunden sind. Hierzu können die Koppelbleche Ausnehmung, wie z. B. Bohrungen haben, die auf entsprechend Befestigungsausnehmungen/-bohrungen an den Anschlussbereichen der Teilprofile angepasst sind, um Befestigungsbolzen oder Niete
15 durch die fluchtenden Ausnehmungen hindurchzuführen und damit die Teilprofile an den Anschlussbereichen miteinander und mit dem Koppelblech zu verbinden.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn Teilprofile der unteren Eckstielsegmente der Mastkonstruktion eine andere, vorzugsweise kleinere Materialstärke als die
20 Teilprofile mindestens eines oberhalb der unteren Eckstielsegmente angeordneten Eckstielsegmenten haben. Auf diese Weise kann der Materialverbrauch an Werkstoff für die Teilprofile minimiert werden. Denkbar ist aber auch eine

Variation der Profilgeometrie in Abhängigkeit von der in den verschiedenen Höhenabschnitten des Turms unterschiedlichen statischen und dynamischen Belastungen. So kann die Breite und Höhe des Querschnitts des Gesamtprofils der Eckstielsegmente im unteren Bereich des Turmbauwerkes größer als im
5 oberen Bereich sein.

Der wie vorstehend ausgeführt gestaltete Turm hat vorzugsweise eine Höhe von mehr als 80 m und ist damit für größere Belastungen geeignet und ausgelegt.
10

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Eckstiele miteinander über Querstreben verbunden sind, wobei die auf einer Höhe an einem Eckstiel angebrachten Querstreben derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass sich die Längsachsen der Querstreben eines Eckstiels im Schwerpunkt des durch die Teilprofile
15 gebildeten Gesamtprofils des Eckstiels treffen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels mit den beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- 5 Figur 1 – Querschnittsansicht eines aus drei Teilprofilen gebildeten Eckstiels mit Querstreben an Anschlussbereichen;
- Figur 2 – Horizontaler Schnitt durch einen Turm mit sechs sternförmig angeordneten Eckstielen und Querstreben zwischen den Eckstielen;
- 10 Figur 3 – Skizze eines Ausschnitts von zwei übereinander angeordneten Eckstielsegmenten eines mehrteiligen Eckstiels;
- Figur 4 – Horizontaler Querschnitt durch einen Eckstiel mit Anschlussbereiche verbindenden Koppelblechen;
- 15 Figur 5 – Horizontale Querschnittsansicht eines Teilprofils mit vorteilhaften Abmessungen.

20 Figur 1 lässt einen horizontalen Querschnitt durch einen Eckstiel 1 erkennen, der aus drei gleichen Teilprofilen 2 gebildet ist. Die Teilprofile 2 erstrecken sich in eine Längsrichtung (in Blickrichtung) und haben an den beiden freien Außenkanten Anschlussbereiche 3a, 3b, an denen benachbarte Teilprofile 2 miteinander verbunden werden. Mit Hilfe dieser Anschlussbereiche 3a, 3b können die Teilprofile 2 ringförmig zu einem geschlossenen Gesamtprofil miteinander
25 verbunden werden, um einen Eckstiel 1 zu bilden.

Hierzu sind die Anschlussbereiche 3a, 3b benachbarter Teilprofile 2 parallel zueinander ausgerichtet und können auf diese Weise miteinander verschraubt, verschweißt, vernietet oder auf sonstige Weise miteinander befestigt werden.

30

An der Verbindung benachbarter Teilprofile 2 mit den Anschlussbereichen 3a, 3b sind Trennfugen vorhanden, an denen beispielsweise mittels Koppelblechen 4 Querstreben 5 angebracht werden können. Diese Querstreben 5 dienen zur

Verbindung mehrerer, eine Turmkonstruktion bildender und auf einem Umfang verteilt angeordneter Eckstiele 1.

Erkennbar ist, dass die Teilprofile 2 im Bereich zwischen den sich gegenüberliegenden Anschlussbereichen 3a, 3b zweimal jeweils um einen Winkel α abgekantet sind. Der Winkel α liegt im Bereich von 120° bis 160° und beträgt vorzugsweise etwa 140° .

Weiterhin ist deutlich, dass die Anschlussbereiche 3a, 3b durch Abkantung der Außenkanten der Teilprofile 2 um einen Winkel β gebildet sind. Der Winkel β liegt im Bereich von 115° bis 125° und beträgt vorzugsweise etwa 110° unter Berücksichtigung der üblichen Toleranzen.

Die durch derartige Abkantung erhaltenen Anschlussbereiche 3a, 3b eines Teilprofils sind in einem Winkel γ zueinander ausgerichtet, der vorzugsweise in einem Bereich von 115° bis 125° liegt und vorzugsweise etwa 120° beträgt. Die Teilprofile 2 eines Ecksteils 1 sind damit ebenfalls in einem Winkel γ von 115° bis 125° und bevorzugt etwa 120° zueinander ausgerichtet. Dann ergeben wie dargestellt drei Teilprofile 2 ein ringförmig geschlossenes Gesamtprofil.

Figur 2 lässt einen horizontalen Schnitt durch eine Turmkonstruktion 6 mit sechs auf einem Umfang U (sternförmig) angeordneten Eckstielen 2 erkennen.

Die Eckstiele 2 bestehen in Längsrichtung aus mehreren übereinander angeordneten Eckstielsegmenten, die aus jeweils drei, vorzugsweise gekanteten, aus Blechen geformten Teilprofilen 2 gebildet werden. Die beispielhaft dargestellte Konstruktion kann z. B. ein Gittermast mit sechs Eckstielen 2 und einer Höhe des Gittermastes von etwa 120 m sein. Auf dem Gittermast ist eine Windturbine mit einer Leistung z. B. von bis zu 2 Megawatt angeordnet.

Zur Versteifung sind Eckstiele 2 untereinander mit Querstreben 5 verbunden, die an aufeinander zuweisenden Trennfugen der gegenüberliegenden Eckstiele 1 angebracht sind. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Skizze in Figur

1 verwiesen.

Erkennbar ist, dass die Querstreben 5 eines Eckstiels 1 zu den jeweils unmittelbar benachbarten Eckstielen 1 geführt sind. Auf diese Weise ist auf einer
5 Höhe eines Eckstiels 1 pro Eckstiel 1 eine Verstrebung mit vier Querstreben 5 vorgesehen.

Figur 3 lässt eine Skizze eines Ausschnitts zweier vertikal übereinander angeordneter Eckstielsegmente 7, 8 eines Eckstiels 1 erkennen. Dabei hat das obere
10 Eckstielsegment 7 einen geringeren Querschnitt als das untere Eckstielsegment 8. Erkennbar ist auch, dass die Eckstielsegmente 7, 8 mittels zentraler Koppelbleche 9, 10 miteinander verbunden sind. Diese Koppelbleche 9, 10 bilden Anschlusselemente, mit denen die übereinander angeordneten Eckstielsegmente 7, 8 miteinander verbunden werden und durch die das Gesamtprofil
15 des Eckstiels 2 versteift wird.

Figur 4 lässt eine Skizze einer beispielhaften Ausführung eines Eckstiels 1 erkennen, dass aus drei Teilprofilen 2 gebildet ist. Die Teilprofile 2 sind mit Hilfe von Koppelblechen 11 wiederum jeweils zu einem geschlossenen Profil versteift, wobei die Koppelbleche 11 zum Schwerpunkt des Eckstiels 1 geführt
20 sind und einen Anschlussstern bilden.

Diese Koppelbleche 11 werden bevorzugt im mittleren Höhensegment der Turmkonstruktion eingesetzt.
25

Das für die Gesamtprofile, d. h. die Eckstiele 1 verwendete Material ist vorzugsweise ein Baustahl wie z. B. ein Feinkornstahl der Qualität S 355 mit einer Länge von 12 m und einer Materialstärke von 8 mm. Die Teilprofile und/oder Querstreben können aber auch zumindest teilweise durch nichtmetallische Materialien, wie z. B. laminierte Carbonfasern oder faserhaltige Naturmaterialien
30 gebildet werden.

Vorteilhafte Abmaße sind in der Figur 5 skizziert. In dem in der Figur 5 darge-

stellten Teilprofil 2 mit einer Profilhöhe von 108,34 mm und einer Profilbreite von 567,63 mm ergeben sich für die Teilprofile 2 folgende Flächenträgheitsmomente:

5 Je identischem Teilprofil

$$I_{\max} = 141437000 \text{ mm}^4$$

$$I_{\min} = 743263 \text{ mm}^4$$

Gesamtprofil:

10 $I_{\text{gesamt}} = 537327000 \text{ mm}^4$

Dabei weisen die Teilprofile 2 einen Winkel α von 140 Grad und zwei Winkel β zu je 110 Grad auf. In der Turmkonstruktion ergeben sich dementsprechend gegenüberliegende Anschlussbereiche 3a, 3b der Eckstiele 2, die parallel zu-

15 einander ausgerichtet sind.

Die abgewinkelten Anschlussbereiche 3a, 3b der Teilprofile 2 weisen eine Länge auf, die zum einen die Montage der Koppelbleche 11, d. h. der Anschlussstücke, ermöglicht und zum anderen danach ausgelegt ist, die notwendige Ver-

20 steifung des Profils zu gewährleisten.

Der Schwerpunkt des Flächenträgheitsmomentes liegt im Schwerpunkt des Gesamtprofils. Die durch die Streben einer Anschlusshöhe in die einzelnen Eckstiele 1 eingeleiteten Kräfte sind ebenfalls auf den Schwerpunkt des Flächenträgheitsmomentes ausgerichtet, wodurch die Torsionsbeanspruchung der

25 Eckstiele 1 minimiert wird.

Die Konstruktion hat den Vorteil, dass sich im montierten Zustand ein nahezu geschlossenes Profil des Eckstiels 1 ergibt, wobei die Flächenträgheitsmomente der Hauptachsen der Eckstiele 1 nahezu identisch sind.

30

Die Gesamtprofile der Eckstiele 1 bilden Eckstielsegmente 7, 8. Die Eckstielsegmente 7, 8 werden in vertikaler Richtung zueinander angeordnet und kön-

nen z. B. mittels eines zentralen Stoßbleches verbunden werden, die beispielsweise wie in Figur 3 dargestellten Koppelbleche 9, 10 oder die sternförmigen Koppelbleche 11 aus Figur 4 sein können. Die zentralen Stoßbleche können einteilig oder auch mehrteilig ausgeführt sein.

5

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die zentralen Stoßbleche aus drei miteinander verbundenen Koppelblechen 11 bestehen, wie in der Figur 4 skizziert ist. Diese Stoßbleche sollten wie dargestellt sternförmig im Schwerpunkt zusammengeführt werden. Diese einteiligen und auch mehrteiligen Ausführungen der zentralen sternförmig zusammengeführten Stoßbleche werden im Folgenden als Stoßstern bezeichnet.

10

Die Stoßsterne weisen gegenüber herkömmlichen Koppelblechen den fertigungstechnischen Vorteil auf, dass die einzelnen zentralen Stoßbleche eines Eckstielstoßes aus einem Teil oder aus gleichen Teilen bestehen. Durch die Vormontage des aus drei abgekanteten Koppelblechen 11 gebildeten Stoßstern (siehe Figur 4) wird die Montage der Eckstiele 1 vereinfacht. Zudem bewirkt der Stoßstern eine Versteifung der Eckstielprofile an den durch die Krafteinleitung der Querstreben 5 besonders beanspruchten Stellen. Durch die somit auf das Zentrum des Eckstiels 1 gerichtete Kraffteinleitung werden Biegemomente und Torsion der Eckstiele 1 gegenüber herkömmlichen Eckstielkonstruktionen, wie z. B. Eckstielkonstruktionen aus Winkeleisen, verringert.

15

20

Durch die Montage der Stoßsterne zum Anschluss der Querstreben 5 ergibt sich ein Spalt zwischen den verschraubten Teilprofilen 2. Damit das montierte Profil in den statischen Eigenschaften einem geschlossenen Profil entspricht, sind unter anderem deshalb ggf. weitere Verschraubungen der Teilprofile 2 zwischen den Querstreben 5 notwendig. An den zusätzlichen Verschraubungen werden zwischen den Teilprofilen sind zwei Bindebleche angeordnet.

25

30

In der Regel ist in höheren Segmenten von Turmbauwerken eine geringere statische und dynamische Belastung vorhanden, als in unteren Segmenten von Turmbauwerken. Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Gesamtprofile

ergibt sich durch eine Variation der Materialstärke und/oder durch die Variation der Profilgeometrie, wie z. B. der Breite und der Höhe des Querschnitts des Gesamtprofils. Das ermöglicht, den Materialverbrauch an Profilwerkstoff zu minimieren. Insbesondere ist in diesem Zusammenhang die Verwendung von Feinkornbaustahl vorteilhaft, da aus diesem die jeweiligen Teilprofile exakt auf die statischen Anforderungen hin gefertigt werden können.

Aus dieser Optimierung resultiert in höheren Segmenten von Turmbauwerken in der Regel ein geringerer Gesamtprofilquerschnitt, als in den niedrigeren Segmenten. Ergeben sich dadurch Distanzen zwischen den vertikal angeordneten und mit den Koppelblechen 10, 11 bzw. Stoßsternen verschraubten Gesamtprofilen, werden die Bohrungen in den Koppelblechen 10, 11 bzw. Stoßsternen entsprechend angepasst. Gesonderte Futterbleche sind für eine kraftschlüssige Verbindung durch z. B. Verschraubung nicht mehr notwendig.

15

Vorteilhaft ist auch, wenn die Materialstärke unterer Eckstielsegmente geringer ist, als die Materialstärke oberer Eckstielsegmente. Dies ist z. B. von der jeweiligen Spreizung der Eckstiele 1 abhängig.

Ansprüche:

- 5 1. Turm für eine Windkraftanlage mit einer Mehrzahl von Eckstielen (1) zur
Bildung einer Mastkonstruktion, wobei die Eckstiele (1) jeweils aus mehre-
ren miteinander verbundenen Teilprofilen (2) zusammengesetzt sind, die
gegenüberliegende Anschlussbereiche (3a, 3b) haben, an denen benach-
10 warte Teilprofile (2) eines Eckstiels (1) miteinander verbindbar sind, und
wobei die Teilprofile (2) jeweils in einem zwischen gegenüberliegenden
Anschlussbereichen (3a, 3b) des Teilprofils (2) liegenden Abschnitt im
Querschnitt zwei sich in Längserstreckungsrichtung der Teilprofile (2)
erstreckende Knickstellen haben, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- 15 - die Eckstiele (1) jeweils aus mindestens drei Teilprofilen (2) gebildet
sind, wobei mindestens drei Teilprofile (2) eines Eckstiels (1) ein im
Querschnitt ringförmig geschlossenes Gesamtprofil bilden, und
- dass die Trennfugen an der Verbindung von Anschlussbereichen (3a,
20 3b) benachbarter Teilprofile (2) eines Eckstiels (1) jeweils in einer Flucht
mit einer jeweils angrenzenden Trennfuge eines den Eckstiel (1) in
Längserstreckungsrichtung verlängernden, benachbarten Eckstiels (1)
angeordnet sind.
- 25 2. Turm nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Knickstellen
einen Innenwinkel (α) im Bereich von 120° bis 160° , vorzugsweise von
 140° haben.
- 30 3. Turm nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die An-
schlussbereiche (3a, 3b) an den sich gegenüberliegenden Außenkanten
der Langseiten eines Teilprofils (2) mit einem Innenwinkel (β) von 110° ab-
gekantet sind, dass die sich gegenüberliegenden abgekanteten An-
schlussbereiche (3a, 3b) angrenzender Teilprofile (2), die an den An-

schlussbereichen miteinander verbunden sind, parallel zueinander ausgerichtet sind, und dass die Anschlussbereiche (3a, 3b) eines Teilprofils (2) im Querschnitt im Bereich von 115° bis 125°, vorzugsweise von nur 110°, zueinander ausgerichtet sind.

5

4. Turm nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** Koppelbleche (4, 9, 10, 11) zur Kopplung von Teilprofilen (2) vorgesehen sind, die jeweils mindestens mit den beiden gegenüberliegenden Anschlussbereichen (3a, 3b) eines zugeordneten Teilprofils (2) verbunden sind.

10

5. Turm nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei benachbarte Koppelbleche (4, 9, 10, 11) von zwei aneinander angrenzenden, ein Eckstielsegment bildenden Eckstielen (1) miteinander verbunden sind.

15

6. Turm nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koppelbleche (4, 9, 10, 11) zweier aneinander angrenzender, ein Eckstielsegment bildende Eckstiele (1) einstückig ausgeführt sind.

20

7. Turm nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koppelbleche (4, 9, 10, 11) in einem zwischen den Verbindungsstellen mit den gegenüberliegenden Anschlussbereichen (3a, 3b) eines zugeordneten Teilprofils (2) liegenden Abschnitt in einem Winkel (δ) im Bereich von 110° bis 130°, vorzugsweise 120°, abgekantet sind.

25

8. Turm nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koppelbleche (4, 9, 10, 11) jeweils zwischen zwei Anschlussbereichen (3a, 3b) benachbarter Teilprofile (2) geführt sind, wobei die benachbarten Teilprofile (2) an den beiden Anschlussbereichen (3a, 3b) und dem Koppelblech (4, 9, 10, 11) miteinander verbunden sind.

30

9. Turm nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekenn-**

zeichnet, dass Teilprofile (2) der unteren Eckstielsegmente der Mastkonstruktion eine andere, vorzugsweise kleinere, Materialstärke als die Teilprofile (2) mindestens eines oberhalb der unteren Eckstielsegmente angeordneten Eckstielsegmente haben.

5

10. Turm nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Eckstiele (1) miteinander über Querstreben (5) verbunden sind, wobei die auf einer Höhe an einem Eckstiel (1) angebrachten Querstreben (5) derart angeordnet und ausgerichtet sind, dass sich die Längsachsen der Querstreben (5) eines Eckstiels (1) im Schwerpunkt des durch die Teilprofile (2) gebildeten Gesamtprofils des Eckstiels (1) treffen.

10

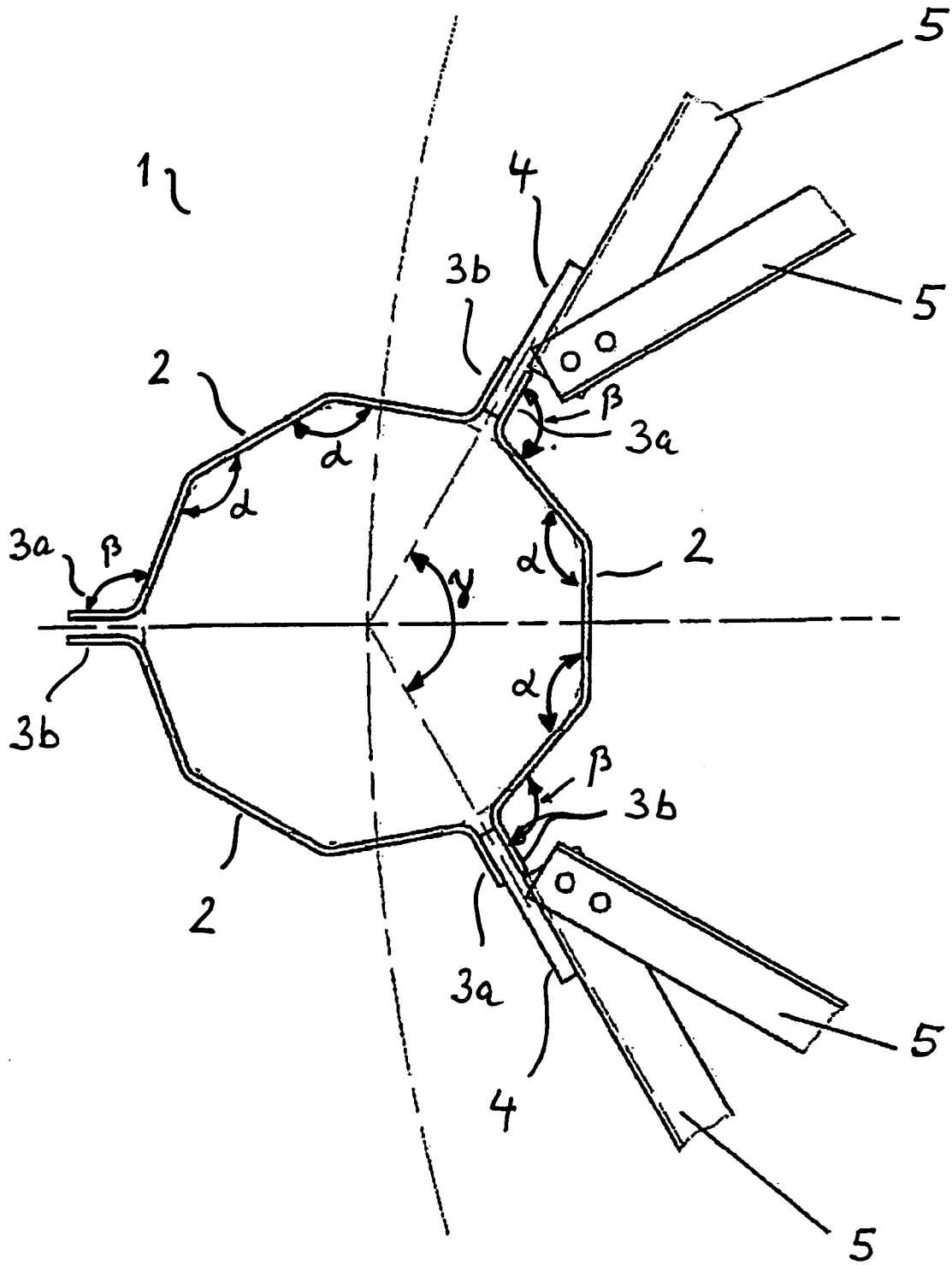


Fig. 1

2/4

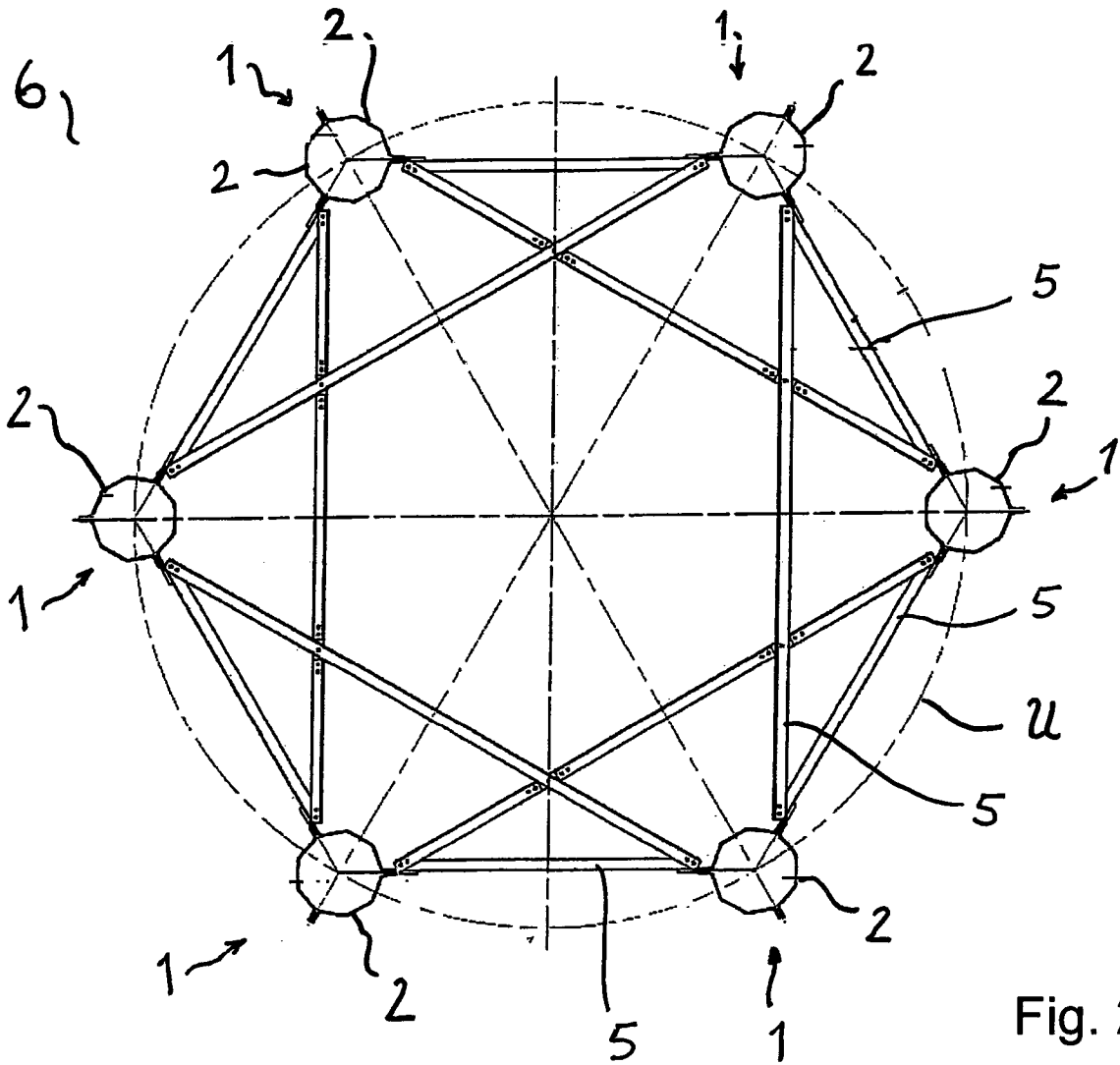


Fig. 2

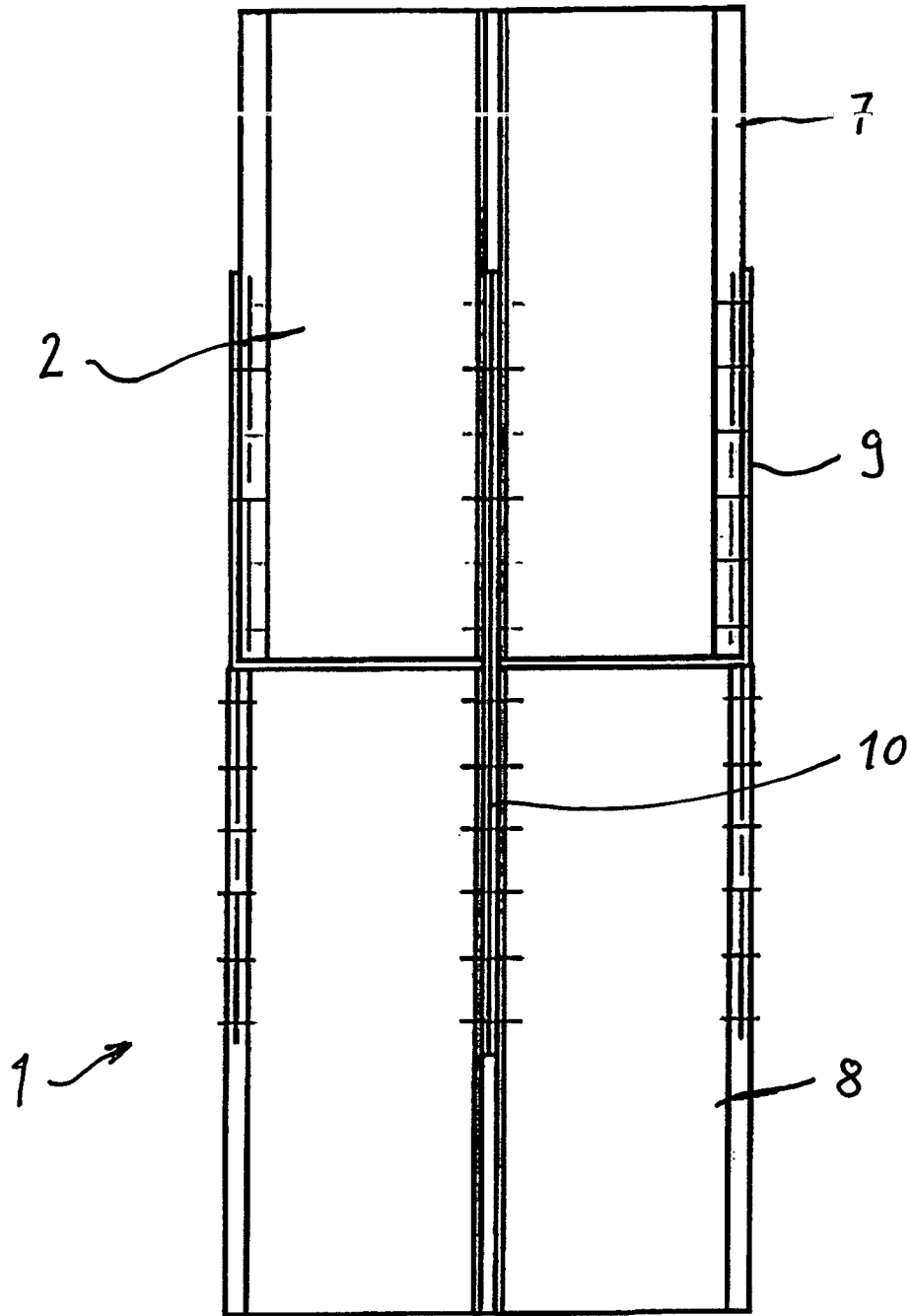


Fig. 3

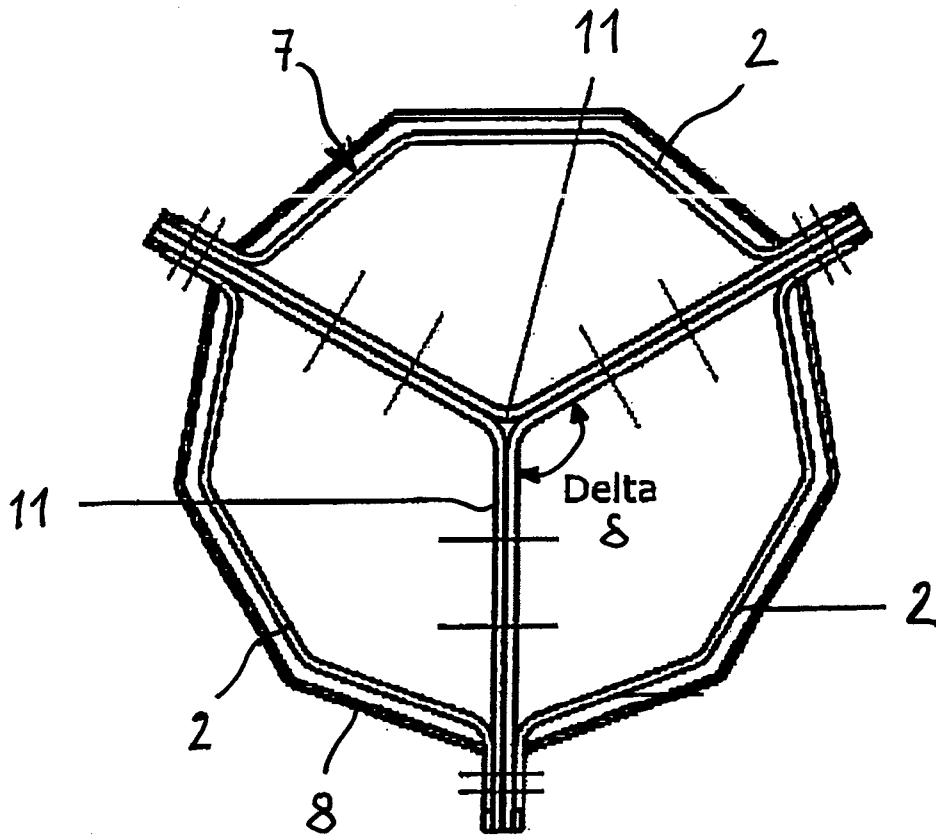


Fig. 4

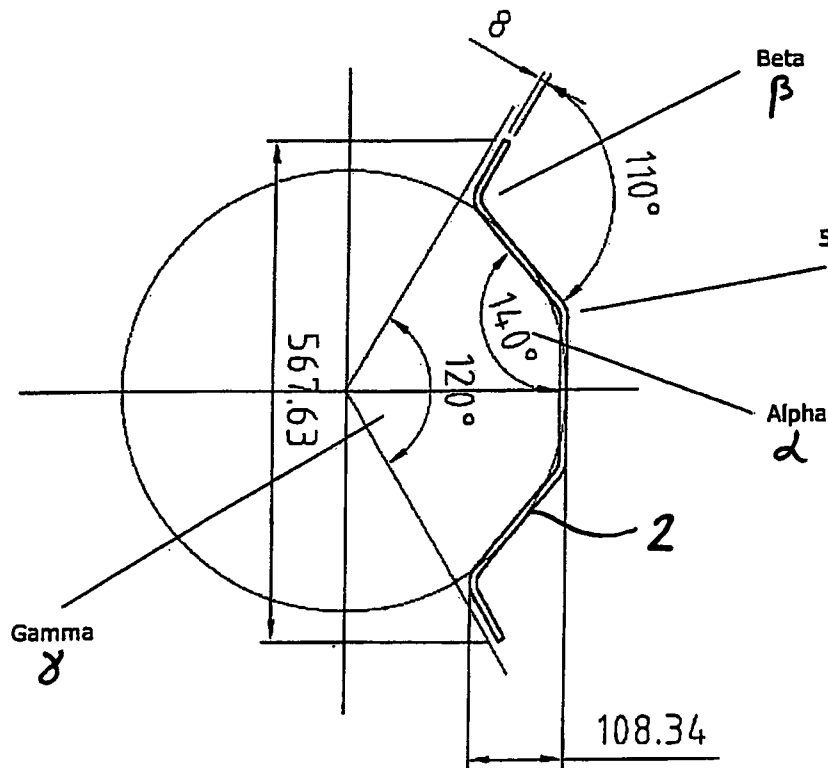


Fig. 5