

(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  
30. März 2006 (30.03.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2006/032237 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:  
F03D 1/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/001555

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. September 2005 (06.09.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 046 029.9  
21. September 2004 (21.09.2004) DE  
10 2004 062 360.0  
10. Dezember 2004 (10.12.2004) DE  
10 2005 018 290.9  
18. April 2005 (18.04.2005) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SPACEFRAME21 GMBH [DE/DE]; Beim Schlump 85b, 20144 Hamburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): IHLE, Marcus [DE/DE]; Paulstr. 20, 53111 Bonn (DE).

(74) Anwälte: MÜLLER, Thomas usw.; Wiederholdstrasse 10, 70174 Stuttgart (DE).

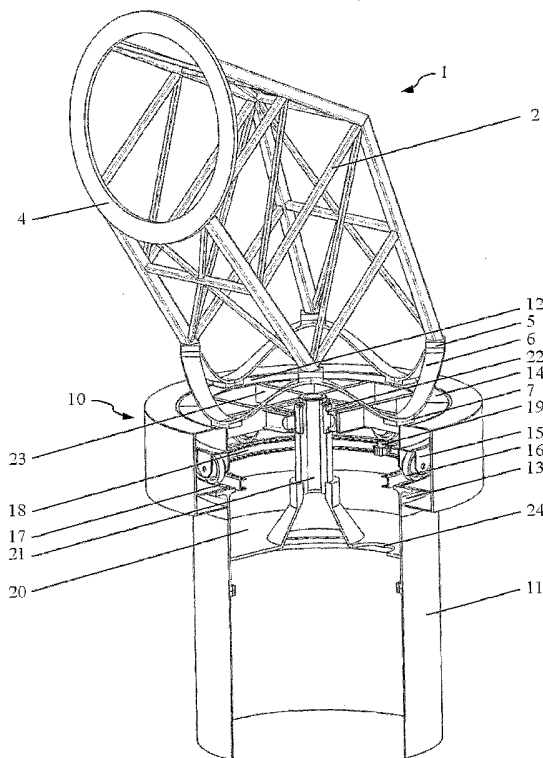
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: GONDOLA FOR A WIND ENERGY SYSTEM; ROTATIVE CONNECTION FOR A WIND ENERGY SYSTEM; WIND ENERGY SYSTEM; METHOD FOR OPERATING A WIND ENERGY SYSTEM

(54) Bezeichnung: GONDEL FÜR EINE WINDENERGIEANLAGE; DREHVERBINDUNG FÜR EINE WINDENERGIEANLAGE; WINDENERGIEANLAGE; VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER WINDENERGIEANLAGE



(57) Abstract: The invention relates to gondolas for a wind energy system (WEA), a rotative connection for a wind energy system, a wind energy system and a method for operating a wind energy system, wherein universally applicable components are used, said components being easily interchangeable and/or easy to produce everywhere, irrespective of the type of wind energy system, such that, for instance, they can be replaced within established replacement intervals at low cost in order to keep down times of the inventive wind power system to a minimum, such that the yield of the inventive wind system can be optimized as a result of increased technical availability.

(57) Zusammenfassung: Es werden eine Gondel für eine Windenergieanlage (WEA), eine Drehverbindung für eine Windenergieanlage, eine Windenergieanlage und ein Verfahren zum Betreiben einer Windenergieanlage vorgeschlagen, bei denen global verwendbare Bauteile zum Einsatz kommen, die, unabhängig vom Windenergieanlagen-Typ, leicht austauschbar und/ oder überall leicht herstellbar sind, so dass diese beispielsweise innerhalb festgesetzter Austauschintervalle kostengünstig ersetzt werden, um Stillstandzeiten der erfindungsgemäßen Windenergieanlage zu minimieren, so dass durch eine erhöhte technische Verfügbarkeit der erfindungsgemäßen Windenergieanlage deren Ertrag optimiert wird.

WO 2006/032237 A2



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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Gondel für eine Windenergieanlage; Drehverbindung für eine Windenergieanlage; Windenergieanlage; Verfahren zum Betreiben einer Windenergieanlage

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Gondel für eine Windenergieanlage (WEA), nach der Gattung des Anspruchs 1, von einer Drehverbindung für eine Windenergieanlage, nach der Gattung des Anspruchs 7, von einer Windenergieanlage, nach der Gattung des Anspruchs 24, und von einem Verfahren zum Betreiben einer Windenergieanlage, nach der Gattung des Anspruchs 31.

Die Entwicklung der Nutzung der Windenergie an Land (Onshore) nahm vor ca. 20 Jahren ihren Anfang. Seitdem werden Windenergieanlagen, die in der Regel aus einem Turm und aus einer mittels Windrichtungsnachführungslager (i.d.R. ein- oder doppelreihige Kugeldrehverbindungen) um eine vertikale Achse drehbar auf dem Turm gelagerten, der Windrichtung nachführbaren und bremsbaren Gondel, die eine mit mindestens einem Rotorblatt versehene um eine horizontal drehbar gelagerte Rotornabe aufweist, bezüglich der auftretenden Lasten, deren Ableitung in den Turm und fertigungstechnischen Aufgabenstellungen immer weiter fortentwickelt. Eine

derartige Windenergieanlage wird in der Offenlegungsschrift DE 198 14 629 A1 beschrieben.

Bei der Entwicklung von Windenergieanlagen spielen auch die Umgebungsbedingungen im Einsatzgebiet eine zunehmende Rolle, da sich seit einiger Zeit das Einsatzgebiet von Windenergieanlagen auch auf maritime Gebiete (Offshore) erstreckt und bei der Entwicklung der dafür erforderlichen Offshore-Technologie auch beispielsweise Klima, Meeresgrundbewegung, Wellengang, Salz und Seenotrettung berücksichtigt werden müssen. So beschreibt die Offenlegungsschrift DE 101 17 113 A1 eine Tragkonstruktion für einen Offshore-Windenergieanlagenturm, die als Fachwerkkonstruktion ausgestaltet ist und zur Verminderung des Wellendruckes zwischen dem im Meeresboden eingelassenen Fundamentes und dem Turmkopf eingesetzt ist. Zu den maritimen Anforderungen kommt hinzu, dass für die Nutzung der Windpotenziale in maritimen Gebieten aus wirtschaftlichen Erwägungen nur Windenergieanlagen großer Leistungskapazität (sog. Multi-Megawatt-Klasse) in Frage kommen. So ergibt sich ein Stand der Technik, in dem einerseits kaum Erfahrungen mit Offshore-Windenergieanlagen und nur Prototypen-Erfahrungen im Multi-Megawatt-Bereich vorliegen. Aus dem Blickwinkel der Versicherer ergeben sich bei den Offshore-Windenergieanlagen vor allem Probleme im Risikomanagement, was eine transparente und messtechnisch nachvollziehbare Technologie erforderlich macht.

Da herkömmliche Windenergieanlagen und deren Komponenten sehr groß dimensioniert sind, treten im Schadensfall, bei dem einzelne Komponenten ausgetauscht werden müssen, zwei krasse Nachteile, die zu unwirtschaftlichen Standzeiten der Windenergiean-

lage führen, zutage: erstens werden Komponenten dieser Größenordnung nur auf Bestellung gefertigt (mit Vorlaufzeiten für Rohmaterial, z.B. geschmiedeten Ringen), wobei Lieferzeiten von bis zu sechs Monaten in dieser Größenordnung üblich sind. Zweitens muss die komplette Gondel der Windenergieanlage inkl. Rotor demontiert werden. War dies bei Onshore-Windenergieanlagen noch eine halbwegs kalkulierbare Größe, kommen bei Offshore-Windenergieanlagen zum Thema Wind und Seegang noch die Aspekte Verfügbarkeit und Kosten (EUR 50.000/Tag) von Schwerlast-Schiffkränen hinzu.

#### Die Erfindung und ihre Vorteile

Die erfindungsgemäße Gondel für eine Windenergieanlage, mit dem kennzeichnenden Merkmal des Anspruchs 1, hat demgegenüber den Vorteil, dass durch ihren wellenförmigen Grundrahmen, der mit einer Drehverbindung verbunden ist, an den Verbindungspunkten Punktlasten entstehen, die optimal ableitbar sind.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Gondel ist der Grundrahmen sinusförmig.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Gondel ist der Grundrahmen in Segmente unterteilt. Dadurch sind die Teile des Grundrahmens einzeln austauschbar.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Gondel wird die Tragkonstruktion der erfindungsgemäßen Gondel aus einer Fachwerkkonstruktion gebildet. Durch die die

Stäbe verbindenden Fachwerk-Knotenpunkte erfolgt eine optimale Weiterleitung der auftretenden Zug- und Druckkräfte.

Nach einer diesbezüglichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Gondel ist die Fachwerkkonstruktion selbsttragend. Dadurch erhöht sich die Tragfähigkeit bei geringeren spezifischen Gewichten.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Gondel ist die Fachwerkkonstruktion zumindest teilweise mit einer Außenhaut verkleidet. Dadurch ist eine individuelle Anpassung an Design- und Technikanforderungen gewährleistet.

Die erfindungsgemäße Drehverbindung für eine Windenergieanlage, mit dem kennzeichnenden Merkmal des Anspruchs 7, hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass das lagerbildende Mittel mindestens eine Rolle aufweist. Durch dieses Standardbauteil wird eine leicht zu überwachende und kostengünstige Drehverbindung geschaffen.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung wird die Rolle am gondel- und/oder am turmseitigen Teil gehalten. Somit wird der gondelseitige Teil, an dem die Gondel angeordnet ist über die Rolle auf dem turmseitigen Teil abgestützt und/oder stützt sich auf der am turmseitigen Teil angeordneten Rolle ab.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist die Rolle eine Standard-Schwerlastrolle, vergleichbar einer Eisenbahnrolle.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist das gondel- und/oder turmseitige Teil in Segmente unterteilt, wodurch eine einzelne Austauschbarkeit gegeben ist.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist das gondel- und/oder turmseitige Teil zumindest teilweise als Rollbahn ausgebildet.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist das gondelseitige Teil als Rahmen ausgebildet.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist an dem gondelseitigen Teil eine Verzahnung koaxial zum gondelseitigen Teil angeordnet. In die Verzahnung greift mindestens ein, über einen Motor angetriebenes Ritzel ein, wodurch die Verdrehung der Windrichtungsnachführung erfolgt. Gängige Technologie für die Verzahnung ist die sog. Evolventenverzahnung (umgangssprachlich als „Zahnräder“ bezeichnet). Technisch gesehen, kann die erfindungsgemäße Drehverbindung aber mit jeder Art von Verzahnung betrieben werden.

Nach einer diesbezüglichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist die Verzahnung eine Triebstockverzahnung. Die Triebstockverzahnung ist eine simple Form der Verzahnung, die auf eine lange technologische Tradition zurückblickt und bei niedrigen Anforderungen an die Genauigkeit zum Einsatz kommt (z.B. Wehre bei Staudämmen). Aufgrund einer vor-

herrschenden Windrichtung findet die Abnutzung der Triebstockverzahnung in der Windenergieanlage nur in einem begrenzten Bereich statt. Vorteilhafterweise besteht daher die Triebstockverzahnung aus Triebstockbolzen, die einzeln austauschbar sind.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist zur Aufnahme eines koaxial zum gondelseitigen Teil angeordneten Aufnahmerahmens für einen Königszapfen an dem gondelseitigen Teil ein Aufnahmeelement vorhanden.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist der Aufnahmerahmen kardanisch an dem Aufnahmeelement aufgehängt.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist der Königszapfen kardanisch an dem Aufnahmerahmen aufgehängt.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist zur Spannungsanalyse an dem Königszapfen mindestens ein Lastwertaufnehmer angeordnet. Der Königszapfen, der auch schon bei Bockwindmühlen oder Kriegslafetten zum Einsatz kam, dient zur Aufnahme von in horizontaler Richtung wirkenden Kräften. Durch den Lastwertaufnehmer werden am Königszapfen auftretende Lasten kontinuierlich im Betrieb gemessen und dadurch die Ermüdung des Bauteils überwacht, so dass der Königszapfen, der in der Regel ein einfaches auf einer Drehbank herstellbares Drehteil ist, frühzeitig ausgetauscht werden kann.

Nach einer diesbezüglichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist der Lastwertaufnehmer ein Dehnmessstreifen.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist mindestens ein Sicherungsmittel vorhanden, wodurch ein Abheben der Gondel verhindert wird.

Nach einer diesbezüglichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist das Sicherungsmittel eine redundante Abhebesicherung. Durch diesen Mehraufwand, der eigentlich in der erfindungsgemäßen Drehverbindung nicht unbedingt notwendig wäre, wird aber die Zuverlässigkeit der erfindungsgemäßen Drehverbindung erhöht.

Nach einer diesbezüglichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist das Sicherungsmittel am turmseitigen Teil angeordnet.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehverbindung ist das Sicherungsmittel an dem Königszapfen integriert.

Die erfindungsgemäße Windenergieanlage, mit dem kennzeichnenden Merkmal des Anspruchs 24, hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass sie überwiegend aus Standardbauteilen (Profilstähle, Standard-Zukaufteile, einfache Drehteile, odgl.) zusammengesetzt ist, die leicht zu überwachen und kostengünstig sind.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Windenergieanlage sind für den Betrieb erforderliche Bauteile leicht herstellbar und/oder leicht auswechselbar.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Windenergieanlage sind mindestens ein Teil der aus Stahl gefertigten Bauteile aus Schiffsbaustahl. Schiffsbaustahl wird in der Fachwelt gerne als "gutmütig" bezeichnet, d.h. ein sehr konservatives Material hinsichtlich Festigkeitsreserven und Widerstandsfähigkeit gegen Wasserstoffversprödung, ein Phänomen, welches in saliner Umgebung massiv auftritt.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Windenergieanlage sind Lagerungsmöglichkeiten für Ersatzteile in der erfindungsgemäßen Windenergieanlage vorgesehen. Beim Austausch eines Bauteils wird somit ein schneller Zugriff auf ein erforderliches Ersatzteil gewährleistet. Bevorzugt wird eine Lagerungsmöglichkeit der Ersatzteile (Ersatzräder, usw.) in der Gondel vorgesehen, wodurch der Zugriff nochmals beschleunigt wird und die reparaturbedingten Standzeiten drastisch minimiert werden.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Windenergieanlage ist mindestens ein Kran (mobil, fest installiert), der eine handelsübliche Seilwinde sein kann, in der erfindungsgemäßen Windenergieanlage vorgesehen.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Windenergieanlage ist mindestens eine Übernachtungsmöglichkeit in der erfindungsgemäßen Windenergieanlage vorgesehen. Neben der Übernachtung von beispielsweise Servicepersonal ist

es durchaus denkbar, dass die Übernachtungsmöglichkeit im Seenotrettungsfall dient oder im Zuge von Adventure-Urlauben ein Hotel eingerichtet wird. Die Ausstattung (Betten, sanitäre Anlagen, usw.) der Übernachtungsmöglichkeit ist variabel und an den Nutzungszweck angepasst.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Windenergieanlage ist eine Hubschrauberplattform an der Windenergieanlage vorgesehen. Dadurch sind beispielsweise Ersatzteillieferungen neben dem Seewege auch über die Luft möglich. Bevorzugt ist die Hubschrauberplattform an der Gondel vorgesehen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Betreibung einer Windenergieanlage, nach einem der Ansprüche 24 bis 30, mit dem kennzeichnenden Merkmal des Anspruchs 31, hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass elementar für den Betrieb erforderliche Bauteile, die, unabhängig vom Windenergieanlagen-Typ, leicht auswechselbar und/oder überall leicht herstellbar sind, wodurch eine Minimierung der Ausfallzeiten bewirkt wird. Dadurch erhöht sich die technische Verfügbarkeit der erfindungsgemäßen Windenergieanlage, wodurch deren Ertrag optimiert wird.

Nach einer zusätzlichen vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt der Austausch eines Bauteils vor Eintritt einer Funktionsstörung (präventive Wartung).

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung, der Zeichnung und den Ansprüchen entnehmbar.

## Zeichnung

Ausführungsbeispiele des Gegenstandes der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine isometrische Ansicht einer Fachwerkkonstruktion einer erfindungsgemäßen Gondel,
- Fig. 2 eine Hauptansicht einer Fachwerkkonstruktion einer erfindungsgemäßen Gondel,
- Fig. 3 eine Draufsicht einer Fachwerkkonstruktion einer erfindungsgemäßen Gondel,
- Fig. 4 Detailansichten einer Fachwerkkonstruktion einer erfindungsgemäßen Gondel,
- Fig. 5 eine Seitenansicht einer Fachwerkkonstruktion einer erfindungsgemäßen Gondel,
- Fig. 6 eine isometrische Ansicht eines wellenförmigen Grundrahmens einer erfindungsgemäßen Gondel,
- Fig. 7 eine Hauptansicht eines wellenförmigen Grundrahmens einer erfindungsgemäßen Gondel,

- Fig. 8 eine Draufsicht eines wellenförmigen Grundrahmens einer erfindungsgemäßen Gondel,
- Fig. 9 eine isometrische Ansicht einer an eine erfindungsgemäßen Drehverbindung angeordneten erfindungsgemäßen Gondel,
- Fig. 10 eine Hauptansicht einer an eine erfindungsgemäßen Drehverbindung angeordneten erfindungsgemäßen Gondel,
- Fig. 11 eine Seitenansicht einer an eine erfindungsgemäßen Drehverbindung angeordneten erfindungsgemäßen Gondel,
- Fig. 12 eine Draufsicht einer an eine erfindungsgemäßen Drehverbindung angeordneten erfindungsgemäßen Gondel,
- Fig. 13 eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Drehverbindung,
- Fig. 14 eine Hauptansicht einer erfindungsgemäßen Drehverbindung,
- Fig. 15 eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Drehverbindung,
- Fig. 16 eine Detailansicht einer erfindungsgemäßen Drehverbindung und

Fig. 17 eine isometrische Ansicht in Explosionsdarstellung einer erfindungsgemäßen Drehverbindung.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Fig. 1 zeigt eine isometrische Ansicht einer Fachwerkkonstruktion einer erfindungsgemäßen Gondel 1. Diese setzt sich aus Stäben 2 zusammen, die an ihren Überschneidungspunkten Knoten 3 bilden. Der Abschluß in Richtung einer nicht dargestellten Rotornabe wird durch einen Ring 4 gebildet. Auf der dem Ring 4 abgewandten Seite findet über die gondelseitigen Verbindungspunkte 5 die vertikale Lastverteilung statt. Der Vorteil des Fachwerkbaues besteht darin, dass er aufgrund seiner Variabilität eine Vielzahl von Möglichkeiten für die Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Gondel 1 bietet und auch Anbauten nach Baukastensystem (vergleichbar bekannter Technik-Spielzeuge wie „fischertechnik“) problemlos möglich sind.

Die Fig. 2 und die Fig. 3 zeigen eine Hauptansicht und eine Draufsicht einer Fachwerkkonstruktion einer erfindungsgemäßen Gondel 1. Es wird deutlich, dass der Ring 4 nicht zwingend vertikal ausgerichtet sein muß, sondern etwas geneigt angeordnet sein kann (Rotorachsneigung). Die Detailansichten X und Y sowie ein in die Ebene gedrehter Schnitt sind in Fig. 4 dargestellt.

Fig. 5 zeigt eine Seitenansicht einer Fachwerkkonstruktion einer erfindungsgemäßen Gondel 1.

Fig. 6 zeigt eine isometrische Ansicht eines Grundrahmens 6 einer erfindungsgemäßen Gondel. Der Grundrahmen ist wellenförmig

ausgestaltet und über die gondelseitigen Verbindungspunkte 5 mit der Fachwerkkonstruktion verbunden. Über turmseitige Verbindungspunkte 7 erfolgt die Verbindung des Grundrahmens 6 mit der nicht dargestellten Drehverbindung. Hierbei wird deutlich, dass der Grundrahmen 6 aus mehreren Segmenten 8 zusammengesetzt ist.

Fig. 7 zeigt eine Hauptansicht eines wellenförmigen Grundrahmens einer erfindungsgemäßen Gondel.

Fig. 8 zeigt eine Draufsicht eines wellenförmigen Grundrahmens einer erfindungsgemäßen Gondel. Hierbei wird deutlich, dass Stoßstellen 9 der Segmenten 8 im vorliegenden Fall oberhalb der turmseitigen Verbindungspunkte 7 und unterhalb der gondelseitigen Verbindungspunkte 5 angeordnet sind. Durch die Unterteilung des Grundrahmens 6 in einzelne Segmente 8 ist ein Austausch einzelner beispielsweise schadhaft gewordener Segmente 8 unter Verhinderung einer kompletten Abhebung der erfindungsgemäßen Gondel möglich.

Fig. 9 zeigt eine isometrische Ansicht einer über die turmseitigen Verbindungspunkte 7 an eine erfindungsgemäßen Drehverbindung 10 angeordneten erfindungsgemäßen Gondel 1. Die erfindungsgemäße Drehverbindung 10 ist auf dem Turm 11 abgestützt und ermöglicht eine Verdrehung um die vertikale Turmhochachse der erfindungsgemäßen Gondel 1 auf dem Turm 11. Die erfindungsgemäße Drehverbindung 10 besteht aus einem gondelseitigen Teil 12, das als Rahmen 14 ausgestaltet ist, und einem turmseitigen Teil 13. An dem gondelseitigen Teil 12 sind Halterungen 15 angebracht, an denen als lagerbildende Mittel Rollen 16, die beispielsweise herkömmliche Standard-Schwerlastrollen sein können, leicht austauschbar

angeordnet sind. Das turmseitige Teil 13 ist vorteilhafterweise als Rollbahn 17 ausgestaltet. An dem turmseitigen Teil 13 ist zusätzlich eine Triebstockverzahnung 18 angebracht, durch die durch mindestens ein Ritzel 19, das über einen nicht dargestellten Antrieb antreibbar ist, eine aktive Windnachführung, die auch bremsbar ausgestaltet sein kann, der erfindungsgemäßen Gondel 1 ermöglicht wird. Die standardmäßigen Stahlstifte der Triebstockverzahnung 18 sind aus Gründen der Übersichtlichkeit bildlich nicht dargestellt. Koaxial zu den einzelnen Bauteilen der erfindungsgemäßen Drehverbindung 10, die bevorzugt, beispielsweise durch Unterteilung, derart aufgebaut sind, dass sie leicht austauschbar sind, befindet sich ein durch eine am Turm 11 fixierte Halterung 20, die zur Lasteinleitung in den Turm 11 dient, zur Aufnahme von Zugkräften ein Königszapfen 21, der ein einfach herstellbares Drehteil darstellt. Der Königszapfen 21 ist kardanisch an einem Aufnahmerahmen 22 aufgehängt, der wiederum kardanisch an einem mit dem gondelseitigen Teil 12 verbundenen Aufnahmeelement 23 angeordnet ist. Die erfindungsgemäße Drehverbindung 10 ist über ein Mannloch 24 begehbar.

Zur Verdeutlichung des Aufbaues sind in den Fig. 10 bis Fig. 12 eine Hauptansicht, eine Seitenansicht und eine Draufsicht der an eine erfindungsgemäßen Drehverbindung 10 angeordneten erfindungsgemäßen Gondel 1 dargestellt.

Fig. 13 zeigt eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Drehverbindung 10. Hierbei wird deutlich, dass die kardanische Aufhängung 25 des Königszapfen 21 an dem Aufnahmerahmen 22 und die kardanische Aufhängung 26 des Aufnahmerahmen 22 an dem Aufnahmeelement 23 um 90° versetzt ist.

Die Fig. 14 und 15 zeigen eine Hauptansicht und eine Seitenansicht der erfindungsgemäßen Drehverbindung 10, die über eine Flanschverbindung 27 auf einen herkömmlichen Turm 11 aufsetzbar ist. Das in Fig. 14 markierte Detail X ist in Fig. 16 vergrößert dargestellt ist. Um ein Abheben der erfindungsgemäßen Gondel 1 zu vermeiden, weist der Königszapfen 21 eine Nut 28 auf, in die eine Abhebesicherung 29, die bevorzugt aus einem geteilten Ring besteht, eingebracht ist. Dadurch wird verhindert, dass der Aufnahmerahmen 22 von dem Königszapfen 21 nach oben abrutscht. Zusätzlich wird die kardanische Aufhängung 26 des Aufnahmerahmen 22 an dem Aufnahmeelement 23 deutlich.

Fig. 17 zeigt eine isometrische Ansicht in Explosionsdarstellung einer erfindungsgemäßen Drehverbindung 10, die durch ein Abschlussblech 30 nach oben abgeschlossen wird. Zusätzlich wird deutlich, dass die Rollbahn 17 durch eine ringförmige Zentrierung 31 aufgenommen wird und, dass durch eine zusätzliche redundante Abhebesicherung 32, die in eine Aufnahme 33 aufgenommen wird und in ein Gegenstück 35 eingreift, ein Abheben der erfindungsgemäßen Gondel 1 verhindert wird. Um die erfindungsgemäße Drehverbindung 10 nach außen zu schützen, ist ein Mantelblech 34 vorhanden.

Durch die Zeichnung ist nachvollziehbar, dass der Aufbau einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage aus einem Turm 11, einer erfindungsgemäßen Drehverbindung 10 und einer erfindungsgemäßen Gondel 1 bestehen kann. Ebenso ist denkbar, dass, aufgrund kompatibler Verbindungsstellen (z.B. Flanschverbindung 27) bei entsprechender Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Bauteile der

Aufbau der erfindungsgemäßen Windenergieanlage aus einem Turm 11, einer herkömmlichen Drehverbindung (z.B. Kugeldrehverbindung) und einer erfindungsgemäßen Gondel 1 bzw. aus einem Turm 11, einer erfindungsgemäßen Drehverbindung 10 und einer herkömmlichen Gondel (z.B. Gondel aus Guß) bestehen kann. Die erfindungsgemäßen Bauteile, die sich durch einen vorteilhaften Lastenabbau durch Stab- und Punktlasten auszeichnen, sind somit für alle Windenergieanlagen-Typen global herstellbar und global einsetzbar. Eine Planung einer Windenergieanlage ist durch ein 3D-CAD-Modell möglich, das sich durch seine parametrische Variabilität auszeichnet.

Hierbei erlaubt eine hochwertige handelsübliche 3D-CAD-Software die Erstellung "intelligenter Modelle" d. h. eine "geometrische Programmierung" von Bauteilen und Baugruppen. Auch existieren spezielle Software-Pakete zur Konversion von 3D-CAD-Geometrien zwischen den einzelnen Systemen.

Welche Intelligenz in ein Produkt hinein programmiert wird, ist alleiniges Know-how des Erfinders. Im vorliegenden Vorschlag verbinden sich langjähriges Maschinenbau- und Windenergie-Know-how aus Entwicklung und technischer Betriebsführung mit Wissen und Erfahrung zum High-End-Einsatz hochwertigster 3D-CAD- und FEM-Software (Finite Elemente Methode) – beides findet Eingang in einen intelligent programmierten 3D-CAD Datensatz.

Der Kundennutzen des vorliegenden Vorschlags besteht darin, das in der intelligent aufgebauten Konstruktion entstandene Know-how für die eigenen Produkte direkt nutzbar zu machen.

Alles ingenieurmäßige Wissen und verbundene Tests am virtuellen Prototypen sind in die Konstruktion hineinprogrammiert. Die einzige Aufgabe für die Entwicklungsteams des Kunden besteht in der Anpassung des "Rohlings" (also der erworbenen Rechte zur Nutzung des 3D-CAD-Datensatzes und den Datensatz selbst), die vorteilhafterweise durch einmaligen Ingenieurs-Dienstleistung durchführbar ist, an die eigenen Haupt-WEA-Komponenten. Ausführliche Tests anhand des so erstellten kundenspezifischen virtuellen Prototypen (also der mit Kunden-Komponenten ausgestatteten 3D-Baugruppe im 3D-CAD) sind bereits innerhalb des "Rohlings" angelegt und können bei Kenntnis der Software-Bedienung direkt vom Kunden durchgeführt werden.

Da die erfindungsgemäße Drehverbindung 10 und/oder die erfindungsgemäßen Gondel 1 Bauteile aufweisen, die leicht herstellbar und/oder austauschbar sind, können diese beispielsweise innerhalb festgesetzter Austauschintervalle kostengünstig ersetzt werden, um Stillstandzeiten der erfindungsgemäßen Windenergieanlage zu minimieren.

Alle hier dargestellten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

## Bezugszahlenliste

- 1 Gondel
- 2 Stab
- 3 Knoten
- 4 Ring
- 5 Gondelseitiger Verbindungspunkt
- 6 Grundrahmen
- 7 Turmseitiger Verbindungspunkt
- 8 Segment
- 9 Stoßstelle
- 10 Drehverbindung
- 11 Turm
- 12 Gondelseitiger Teil
- 13 Turmseitiger Teil
- 14 Rahmen
- 15 Halterung
- 16 Rolle
- 17 Rollbahn
- 18 Triebstockverzahnung (Darstellung ohne Stifte)
- 19 Ritzel
- 20 Halterung
- 21 Königszapfen
- 22 Aufnahmerahmen
- 23 Aufnahmeelement
- 24 Mannloch

- 25 Kardanische Aufhängung
- 26 Kardanische Aufhängung
- 27 Flanschverbindung
- 28 Nut
- 29 Abhebesicherung (Königszapfen)
- 30 Abschlußblech
- 31 Zentrierung
- 32 Redundante Abhebesicherung (Turm)
- 33 Aufnahme
- 34 Mantelblech
- 35 Gegenstück (Abhebesicherung)

Gondel für eine Windenergieanlage; Drehverbindung für eine Windenergieanlage; Windenergieanlage; Verfahren zum Betreiben einer Windenergieanlage

Ansprüche:

1. Gondel (1) für eine Windenergieanlage,
  - mit einer Tragkonstruktion,
  - mit einem Rotor und
  - mit einem Grundrahmen (6) zur Anbindung an ein die Gondel mit einem Turm (11) drehbar verbindenden Drehlager, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundrahmen (6) wellenförmig ausgestaltet ist.
2. Gondel (1), nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenform des Grundrahmens (6) sinusförmig ist.
3. Gondel (1), nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundrahmen (6) in Segmente (8) unterteilt ist

4. Gondel (1), nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Tragkonstruktion der Gondel (1) aus einer Fachwerkkonstruktion gebildet wird.
5. Gondel (1), nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Fachwerkkonstruktion selbsttragend ist.
6. Gondel (1), nach Anspruch 4 oder Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Fachwerkkonstruktion zumindest teilweise mit einer Außenhaut verkleidet ist.
7. Drehverbindung (10) für eine Windenergieanlage, zur im wesentlichen vertikalen Verdrehung einer durch einen Turm (11) gestützten Gondel (1), insbesondere einer Gondel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
  - mit einem verdrehbaren gondelseitigen Teil (12),
  - mit einem nicht verdrehbaren, zum gondelseitigen Teil (12) koaxial angeordneten, turmseitigen Teil (13) und
  - mit mindestens einem zwischen dem gondel- (12) und dem turmseitigen Teil (13) befindlichen lagerbildenden Mittel,dadurch gekennzeichnet, dass das lagerbildende Mittel mindestens eine Rolle (16) aufweist.
8. Drehverbindung (10), nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,

dass die Rolle (16) am gondel- (12) und/oder am turmseitigen Teil (13) gehalten wird.

9. Drehverbindung (10), nach Anspruch 7 oder Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Rolle (16) eine Standard-Schwerlastrolle ist.
10. Drehverbindung (10), nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das gondel- (12) und/oder turmseitige Teil (13) in Segmente (8) unterteilt ist.
11. Drehverbindung (10), nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das gondel- (12) und/oder turmseitige Teil (13) zumindest teilweise als Rollbahn (17) ausgebildet ist.
12. Drehverbindung (10), nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das gondelseitige Teil (12) als Rahmen (14) ausgebildet ist.
13. Drehverbindung (10), nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass an dem gondelseitigen Teil (12) eine Verzahnung koaxial zum gondelseitigen Teil (12) angeordnet ist.
14. Drehverbindung (10), nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Verzahnung eine Triebstockverzahnung (18) ist.

15. Drehverbindung (10), nach einem der Ansprüche 7 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zur Aufnahme eines koaxial zum gondelseitigen Teil (12) angeordneten Aufnahmerahmens (22) für einen Königszapfen (21) an dem gondelseitigen Teil (12) ein Aufnahmeelement (23) vorhanden ist.
16. Drehverbindung (10), nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Aufnahmerahmen (22) kardanisch an dem Aufnahmeelement (23) aufgehängt ist.
17. Drehverbindung (10), nach Anspruch 15 oder Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Königszapfen (21) kardanisch an dem Aufnahmerahmen (22) aufgehängt ist.
18. Drehverbindung (10), nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass zur Spannungsanalyse an dem Königszapfen (21) mindestens ein Lastwertaufnehmer angeordnet ist.
19. Drehverbindung (10), nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Lastwertaufnehmer ein Dehnmeßstreifen ist.
20. Drehverbindung (10), nach einem der Ansprüche 7 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Sicherungsmittel vorhanden ist, wodurch ein Abheben der Gondel (1) verhindert wird.

21. Drehverbindung (10), nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Sicherungsmittel eine redundante Abhebesicherung (32) ist.
22. Drehverbindung (10), nach Anspruch 20 oder Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Sicherungsmittel am turmseitigen Teil (13) angeordnet ist.
23. Drehverbindung (10), nach Anspruch 20 oder Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Sicherungsmittel an dem Königszapfen (21) angeordnet ist.
24. Windenergieanlage, dadurch gekennzeichnet, dass die Windenergieanlage eine Gondel (1), nach einem der Ansprüche 1 bis 6, und/oder eine Drehverbindung (10), nach einem der Ansprüche 7 bis 23, aufweist.
25. Windenergieanlage, nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass für den Betrieb erforderliche Bauteile leicht herstellbar und/oder leicht auswechselbar sind.
26. Windenergieanlage, nach Anspruch 24 oder Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet,

dass mindestens ein Teil der aus Stahl gefertigten Bauteile aus Schiffsbaustahl sind.

27. Windenergieanlage, nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass Lagerungsmöglichkeiten für Ersatzteile in der Windenergieanlage vorgesehen sind.
28. Windenergieanlage, nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Kran in der Windenergieanlage vorgesehen ist.
29. Windenergieanlage, nach einem der Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Übernachtungsmöglichkeit in der Windenergieanlage vorgesehen ist.
30. Windenergieanlage, nach einem der Ansprüche 24 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass eine Hubschrauberplattform an der Windenergieanlage vorgesehen ist.
31. Verfahren zur Betreibung einer Windenergieanlage, nach einem der Ansprüche 24 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass elementar für den Betrieb erforderliche Bauteile leicht herstellbar und/oder leicht auswechselbar sind, wodurch eine Minimierung der Ausfallzeiten bewirkt wird.

32. Verfahren, nach Anspruch 31,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Austausch eines Bauteils vor Eintritt einer Funktions-  
störung erfolgt.

Fig. 1

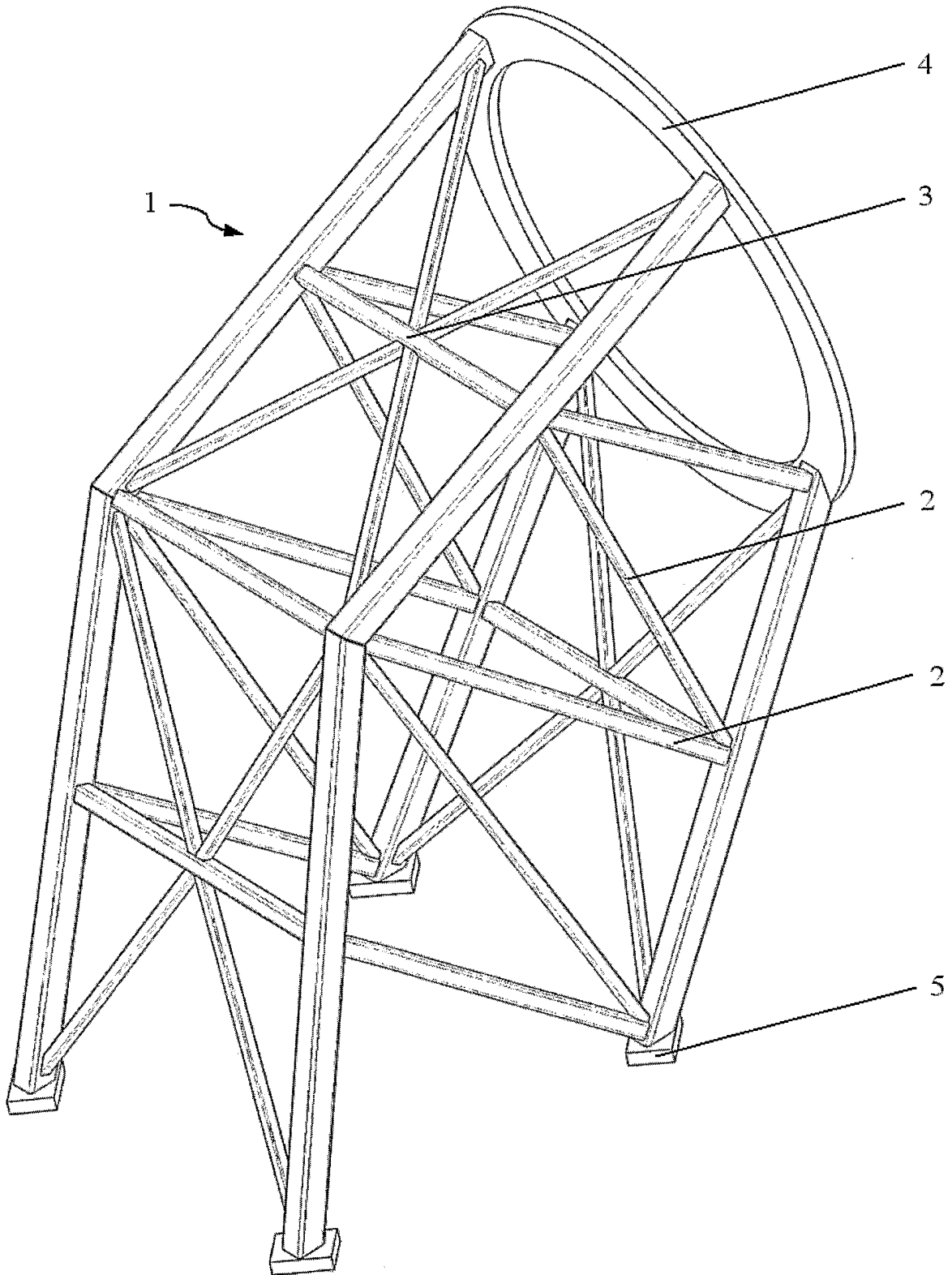


Fig. 2

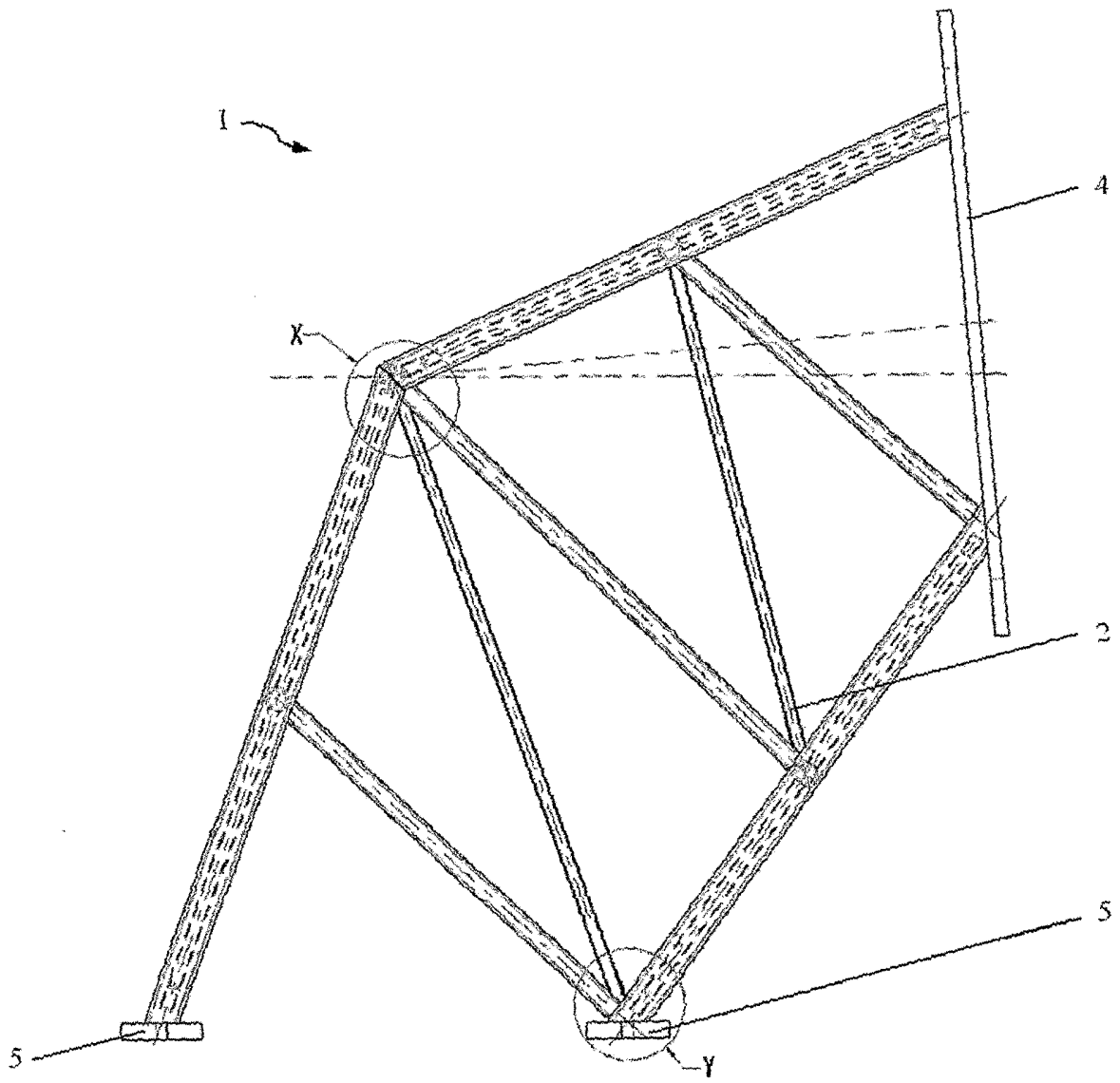


Fig. 3

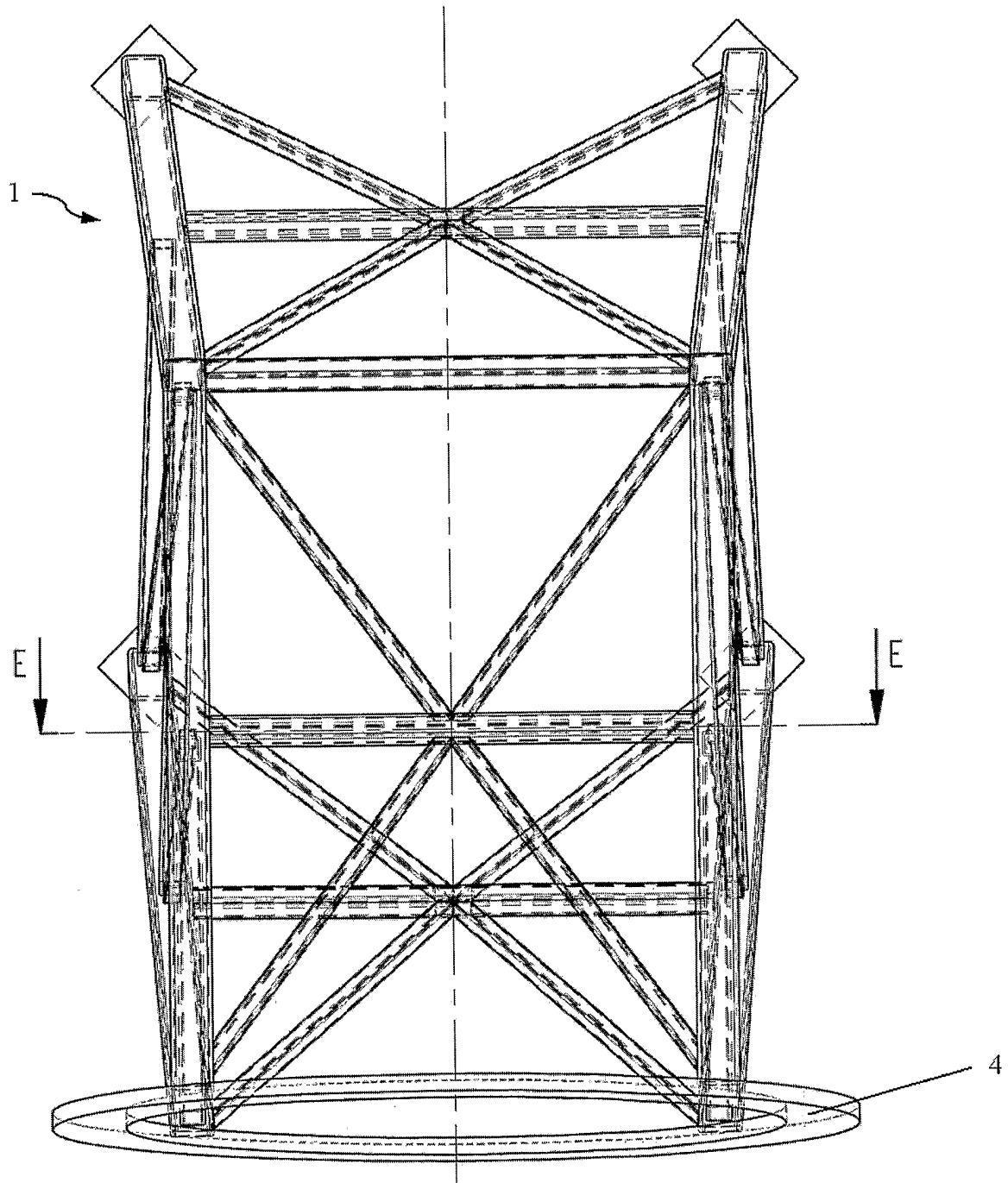
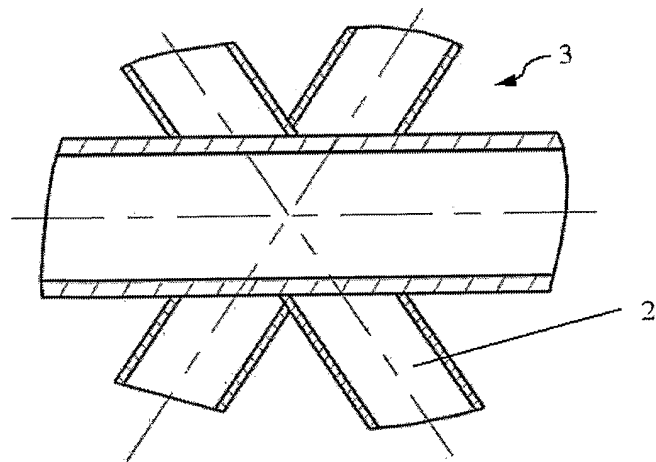
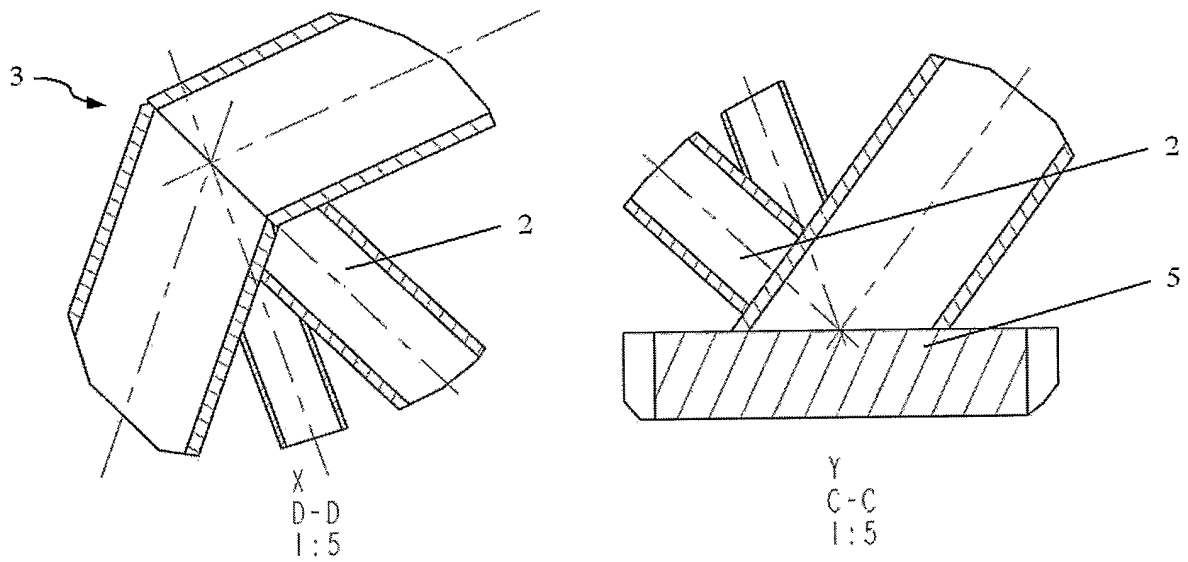
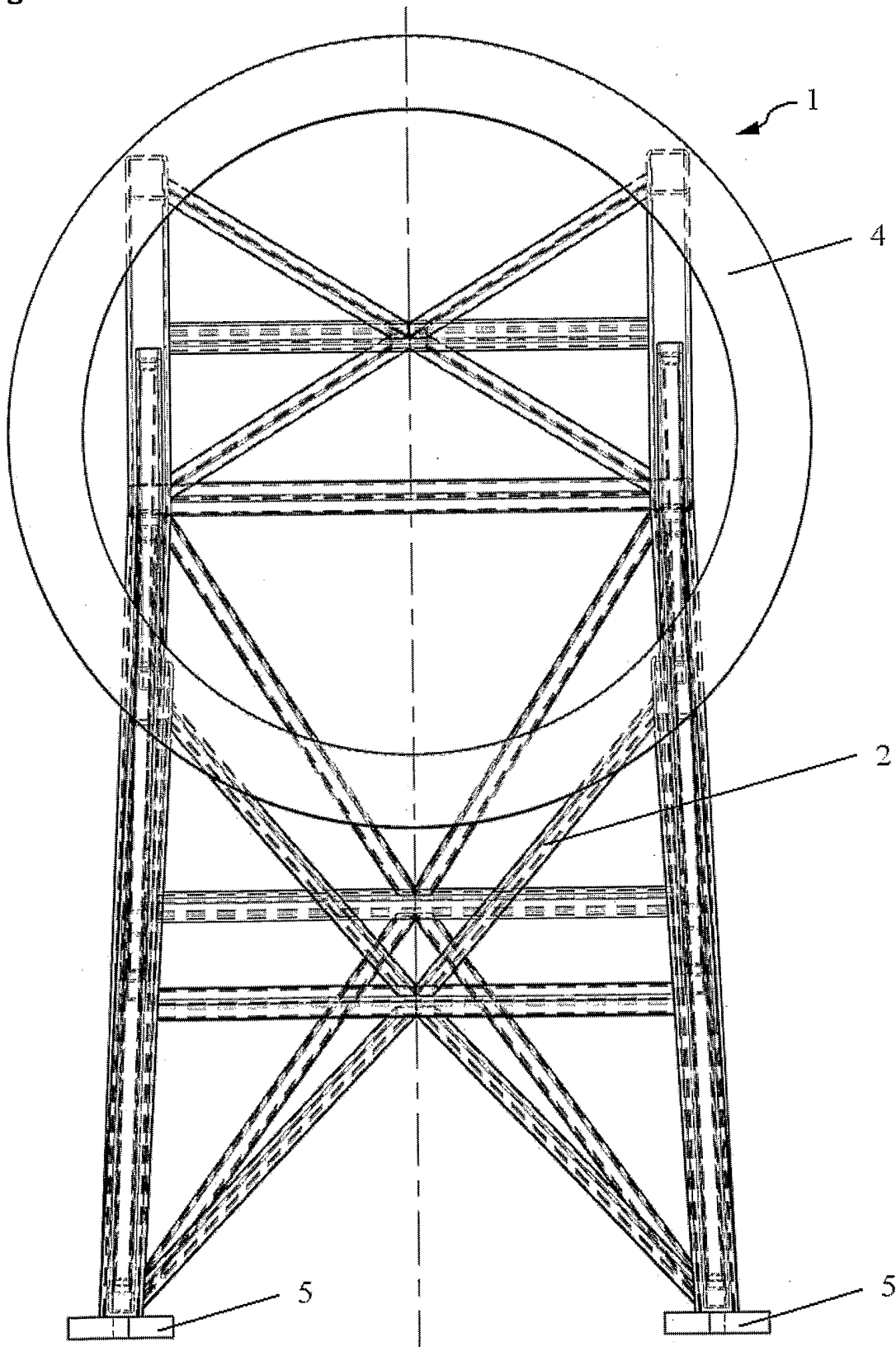


Fig. 4

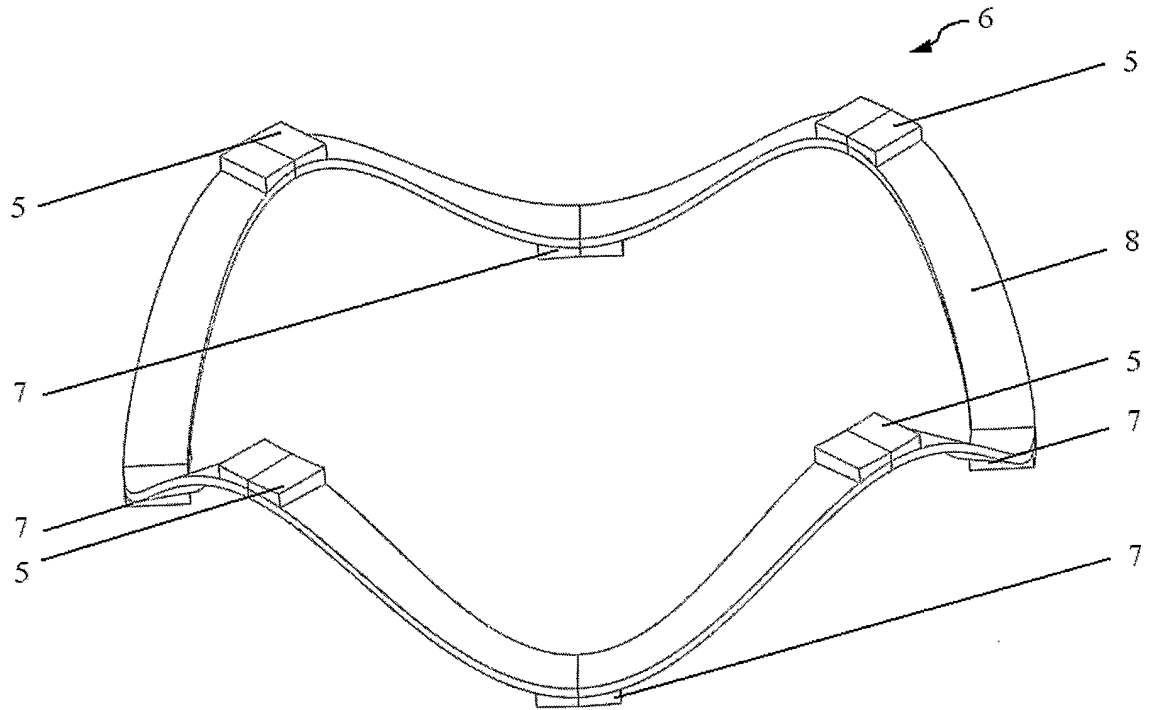


E-E  
1:5  
in die Ebene gedreht

Fig. 5



**Fig. 6**



**Fig. 7**

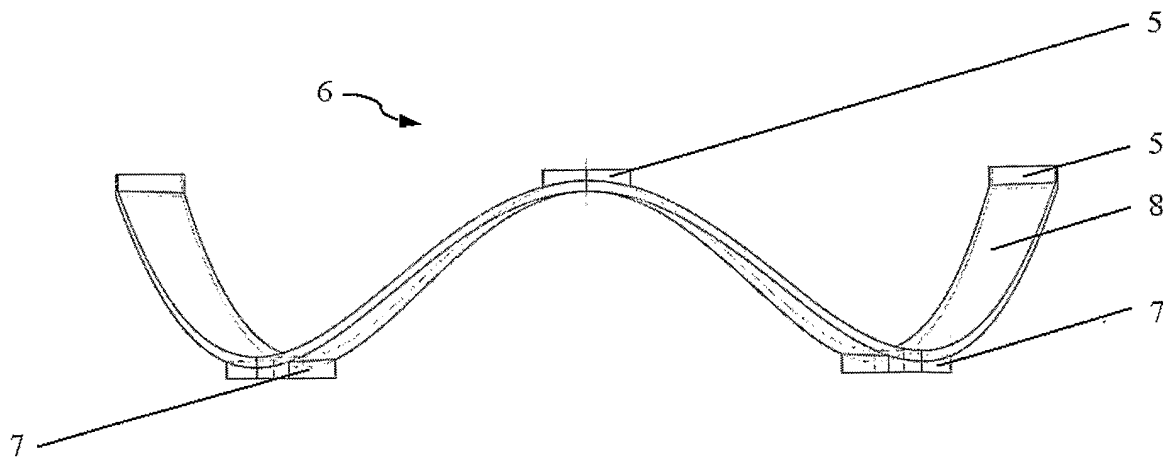


Fig. 8

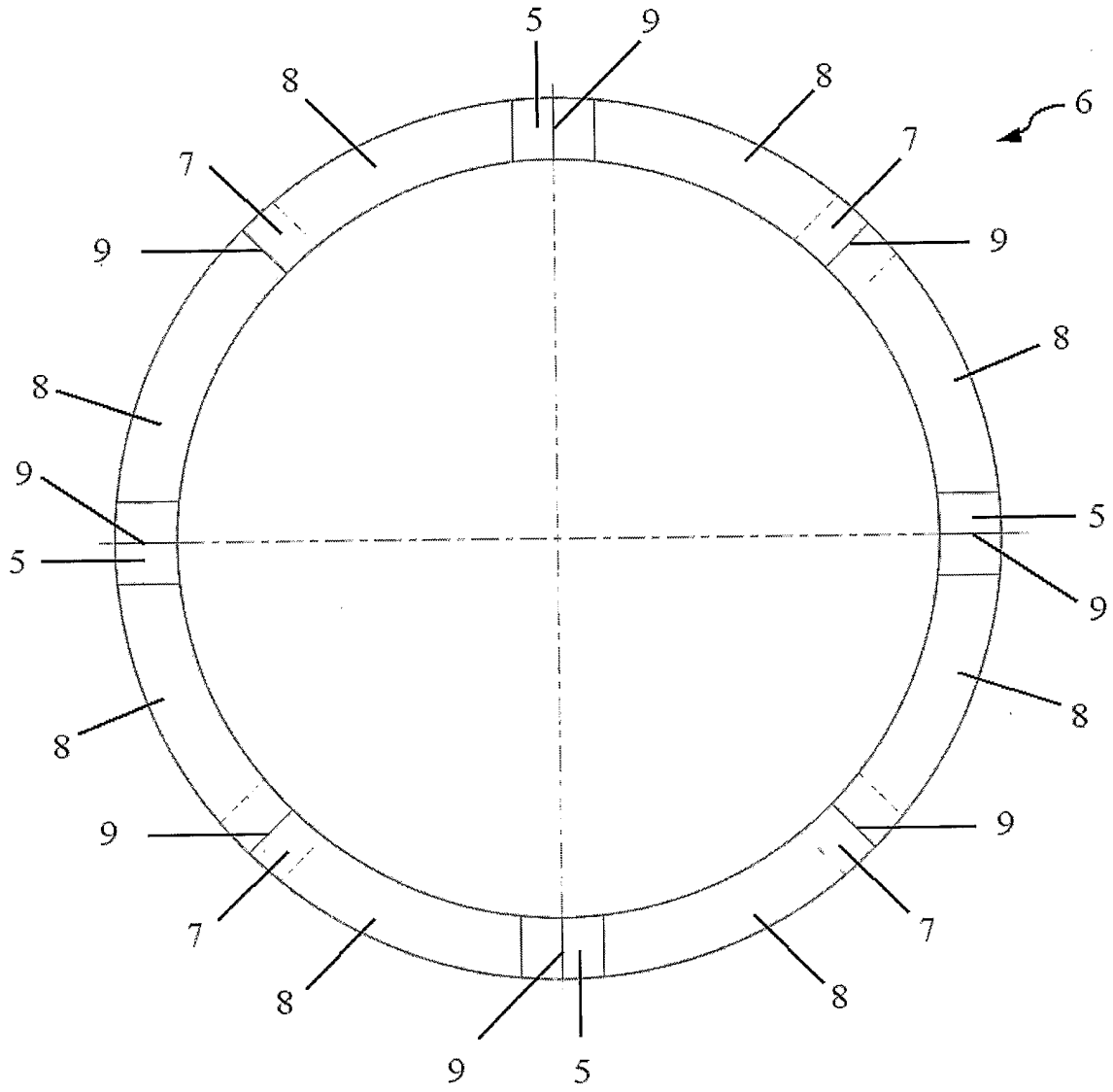


Fig. 9

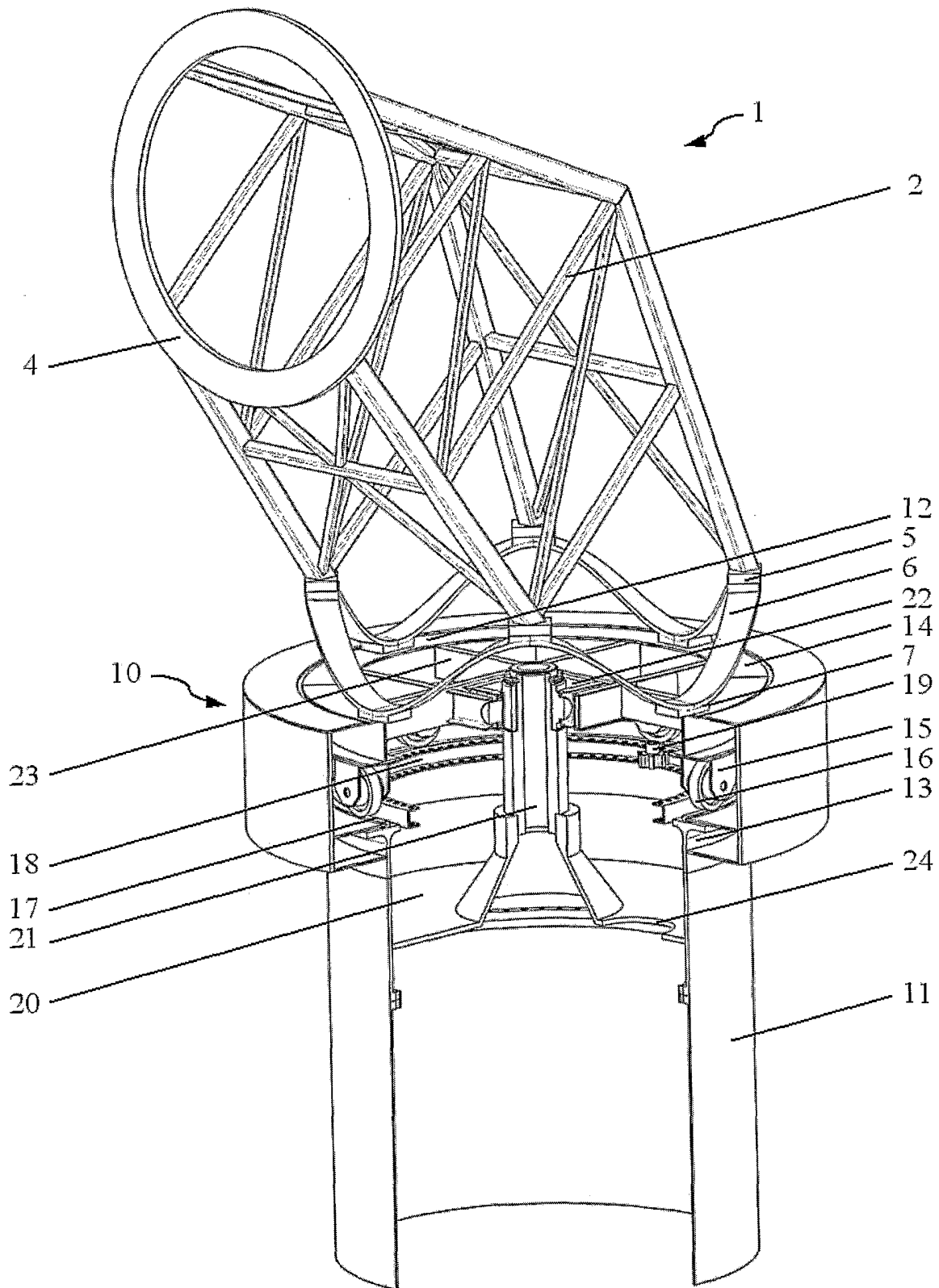


Fig. 10

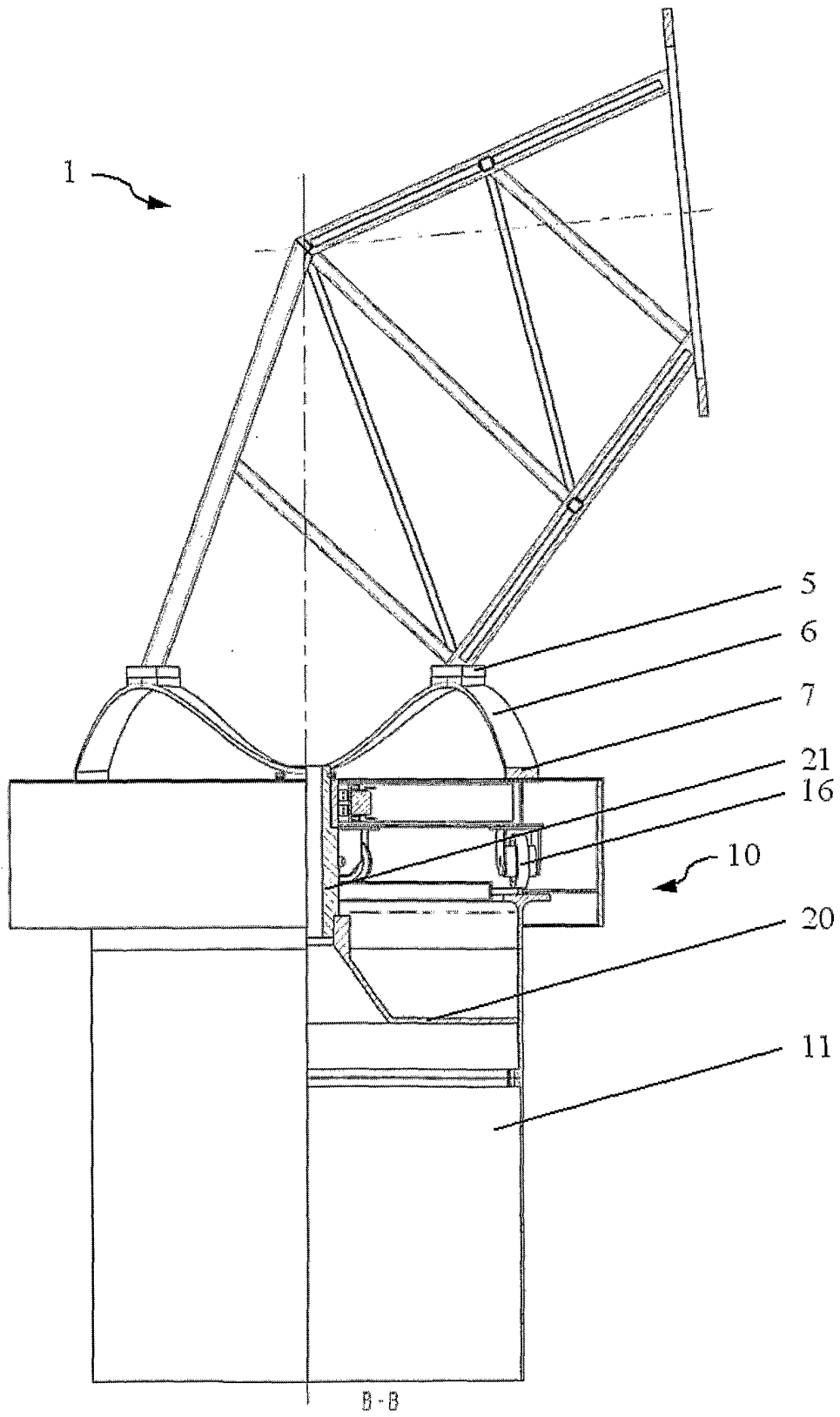


Fig. 11

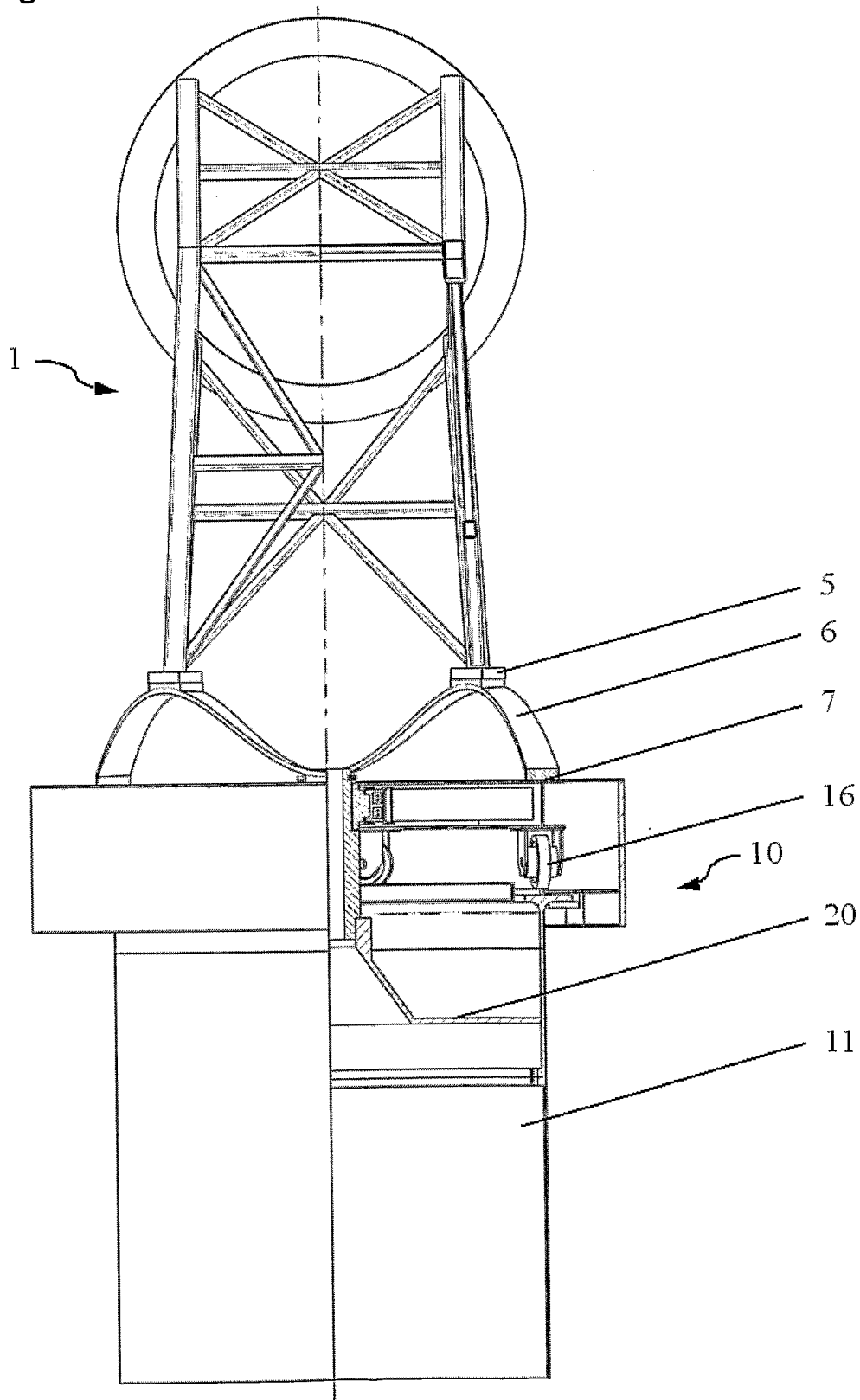


Fig. 12

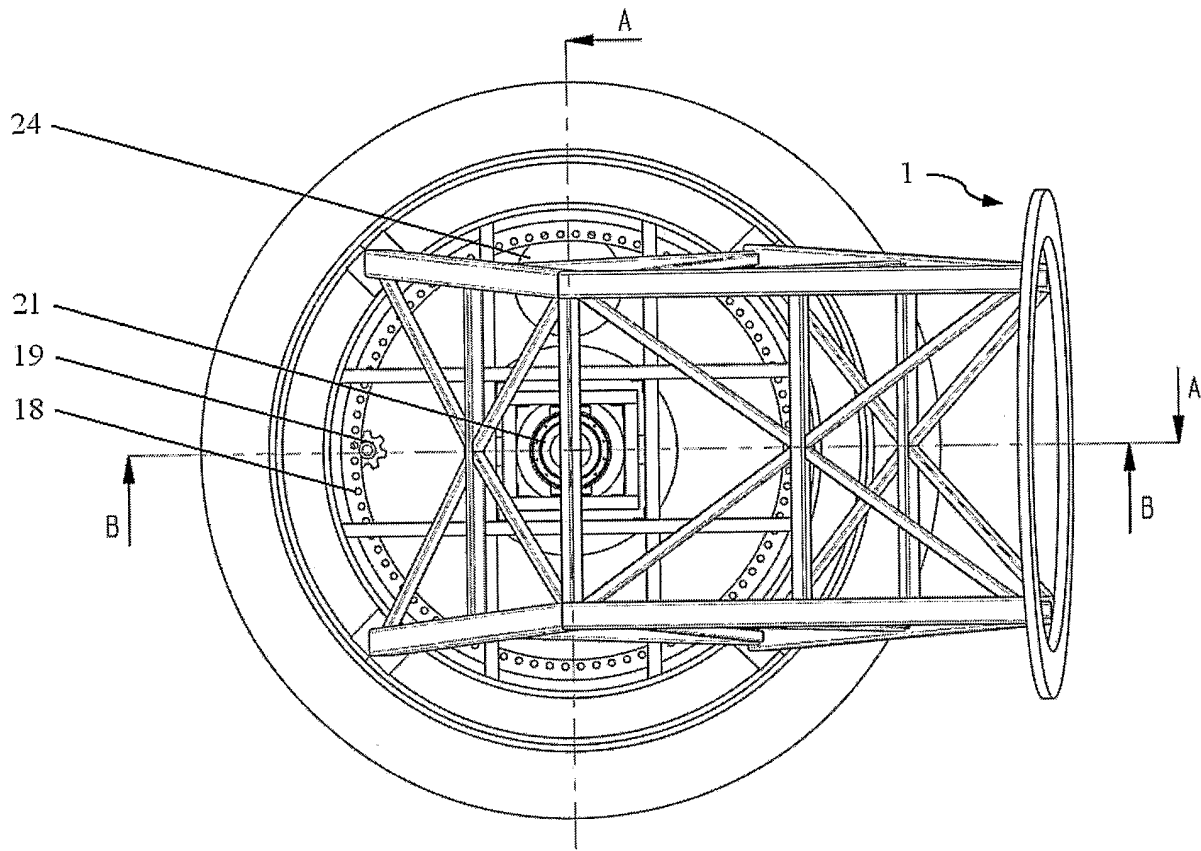


Fig. 13

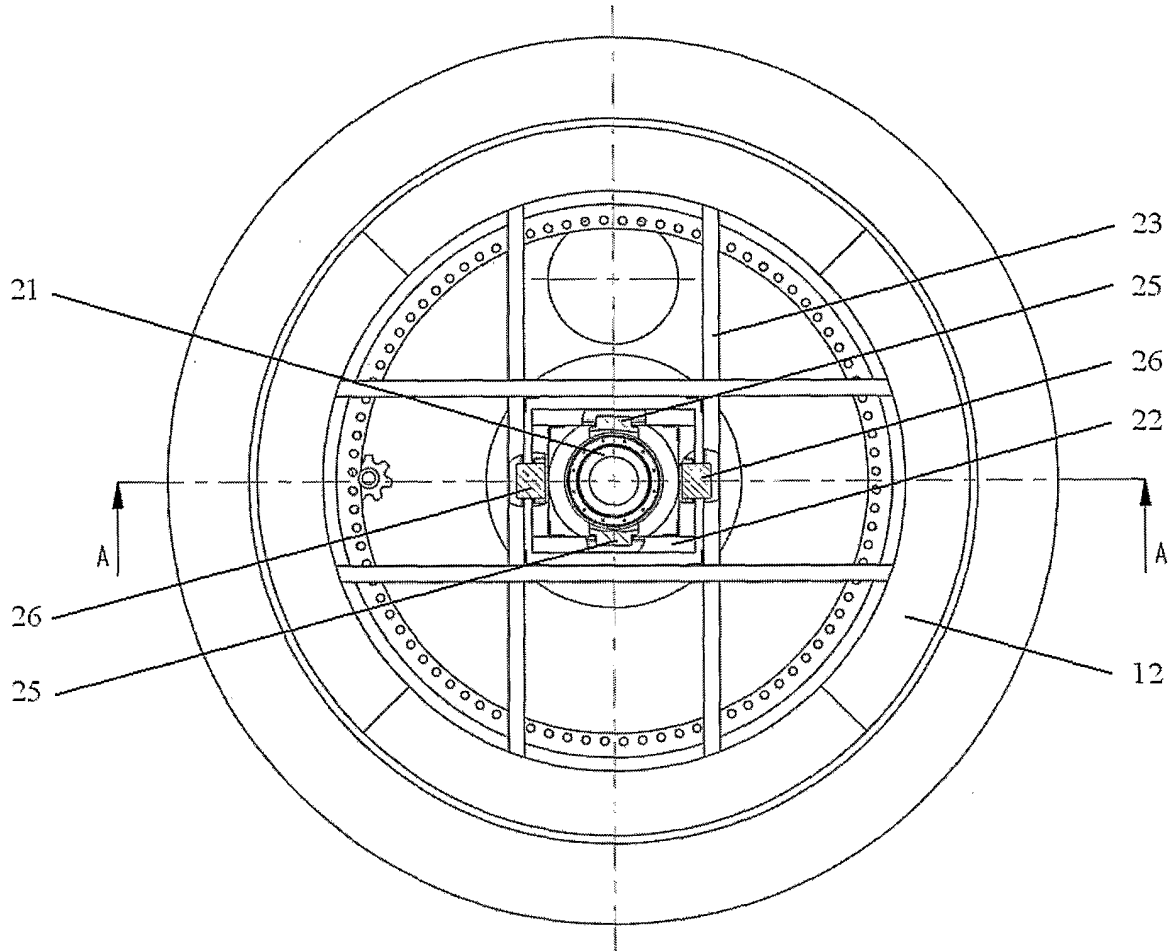


Fig. 14

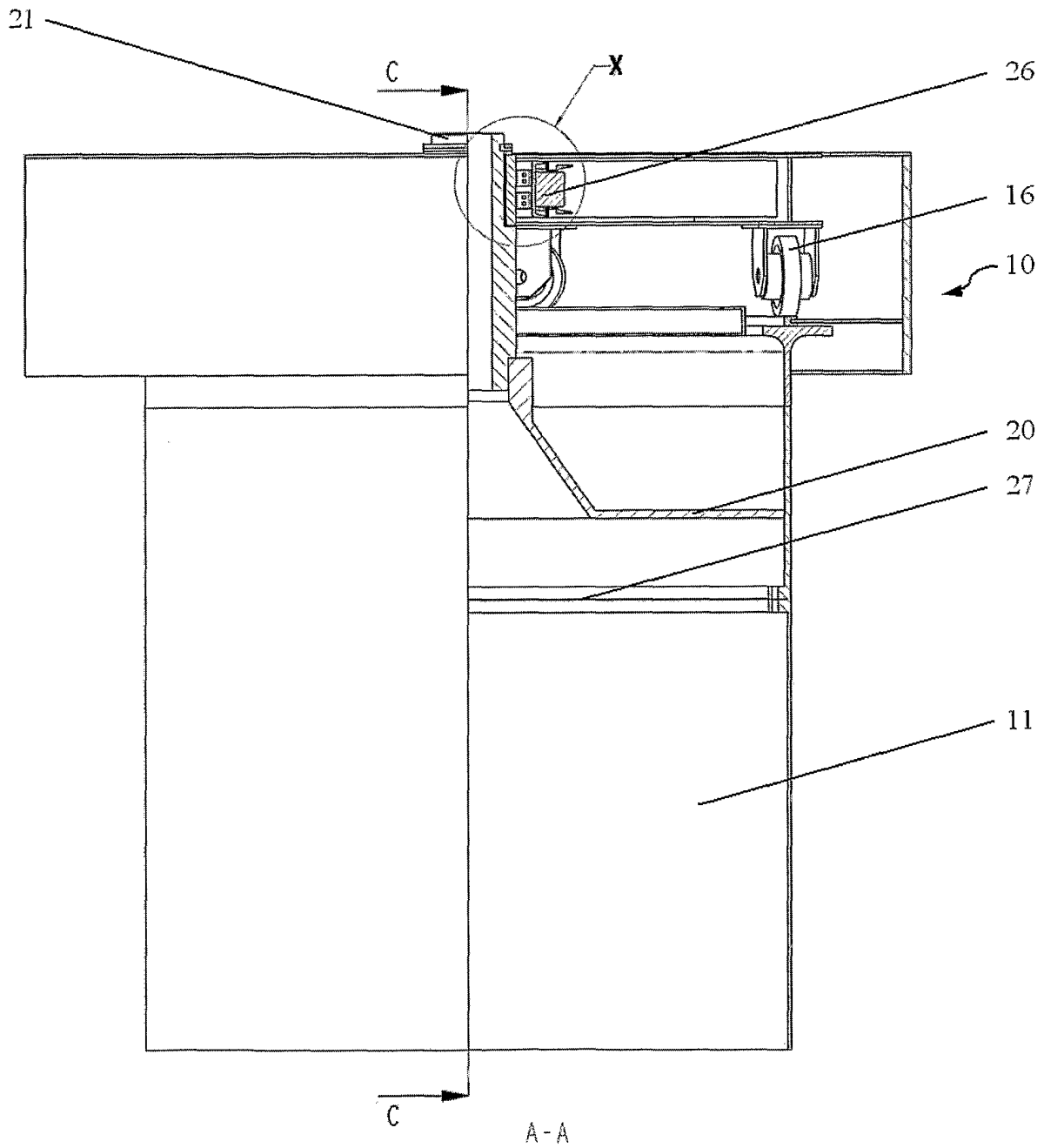


Fig. 15

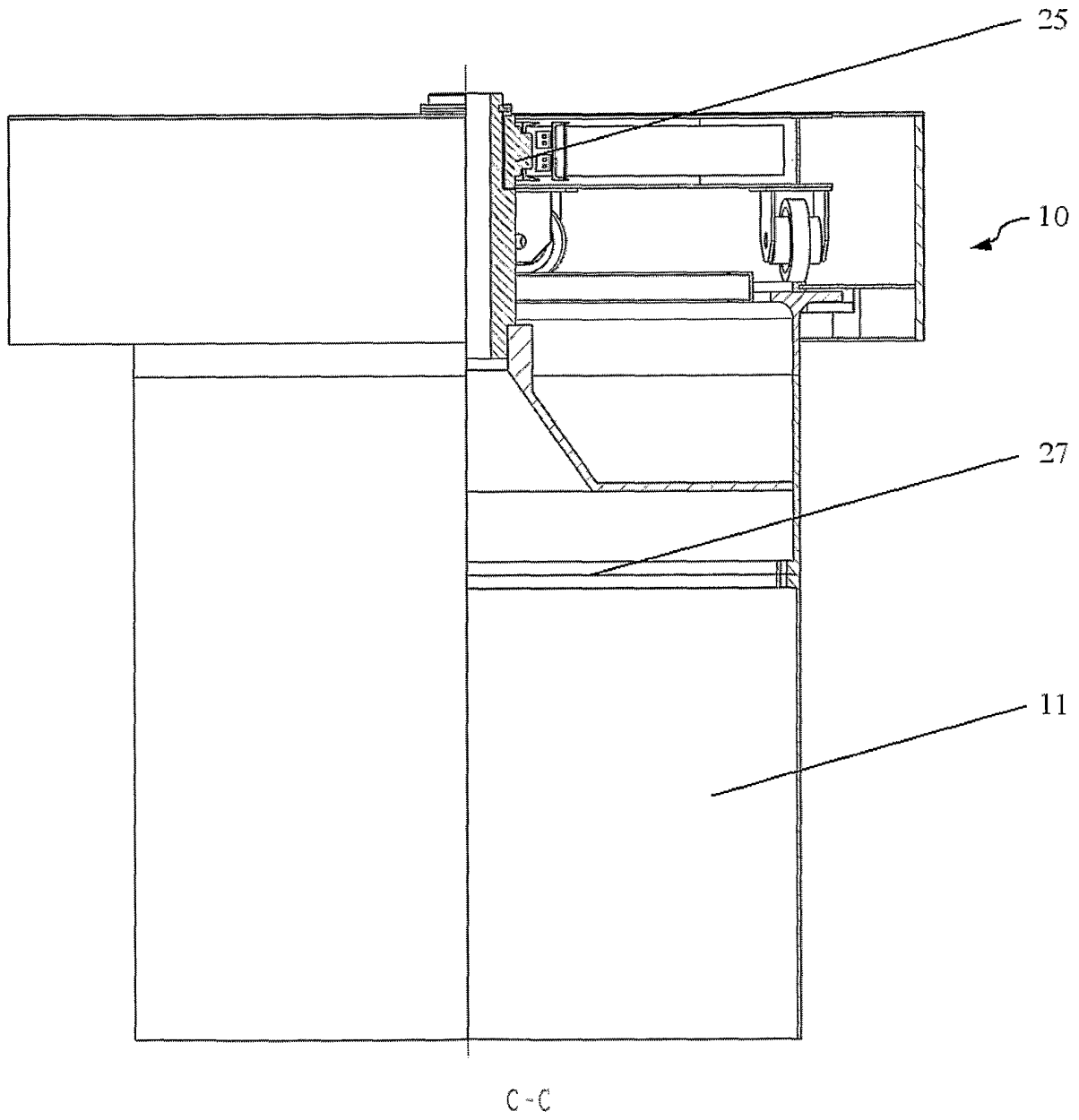


Fig. 16

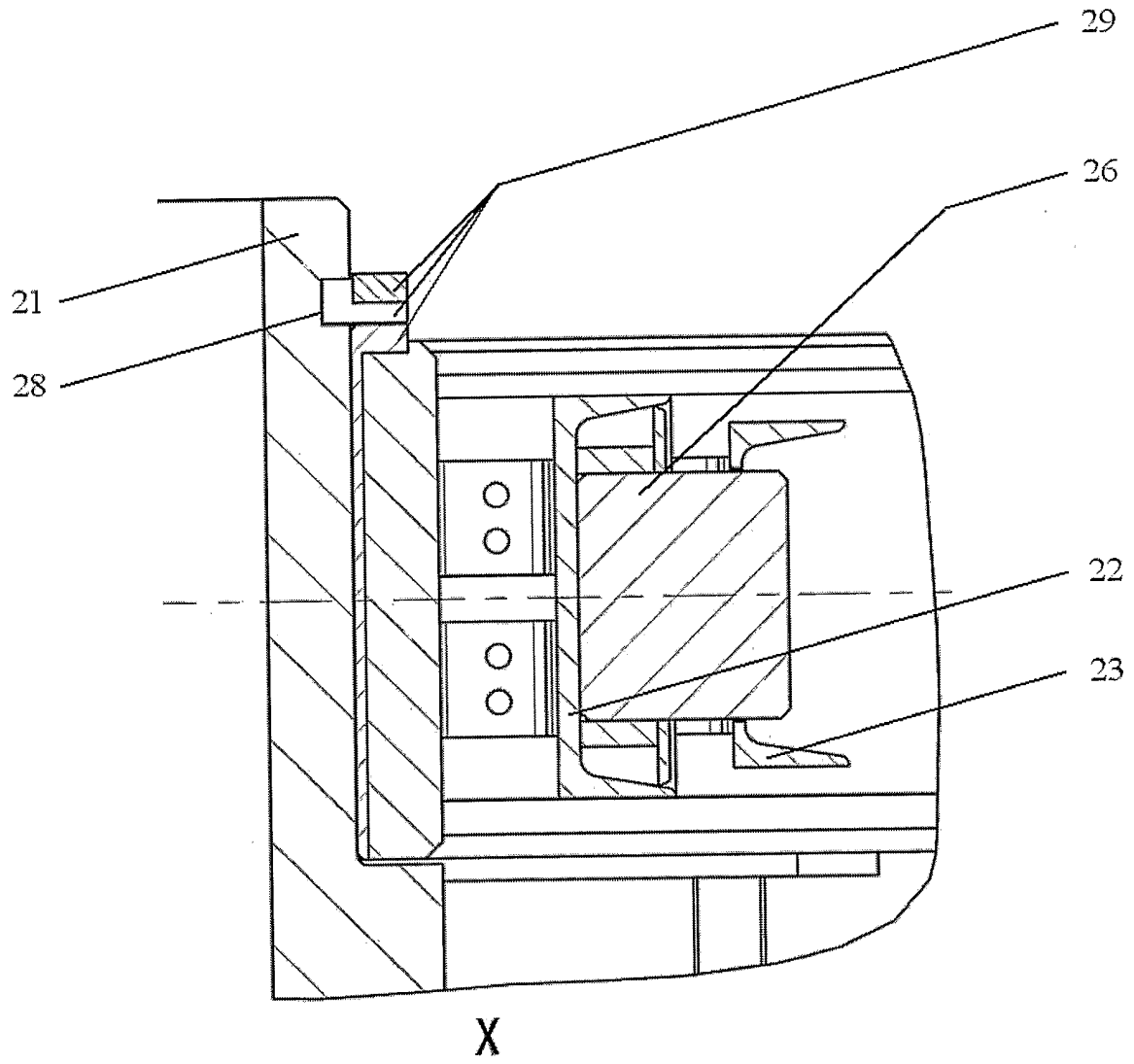


Fig. 17

