

(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. Dezember 2009 (30.12.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2009/156039 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:  
E04H 12/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/003790

(22) Internationales Anmeldedatum:  
28. Mai 2009 (28.05.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2008 029 651.1 24. Juni 2008 (24.06.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): REPOWER SYSTEMS AG [DE/DE]; Überseering 10, 22297 Hamburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): TREDE, Alf [DE/DE]; Ahrenviöler Weg 20, 25885 Immenstedt (DE).

(74) Anwalt: SEEMANN, Ralph; Seemann & Partner, Ballindamm 3, 20095 Hamburg (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, DE, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: TOWER OF A WIND TURBINE

(54) Bezeichnung: TURM EINER WINDENERGIEANLAGE

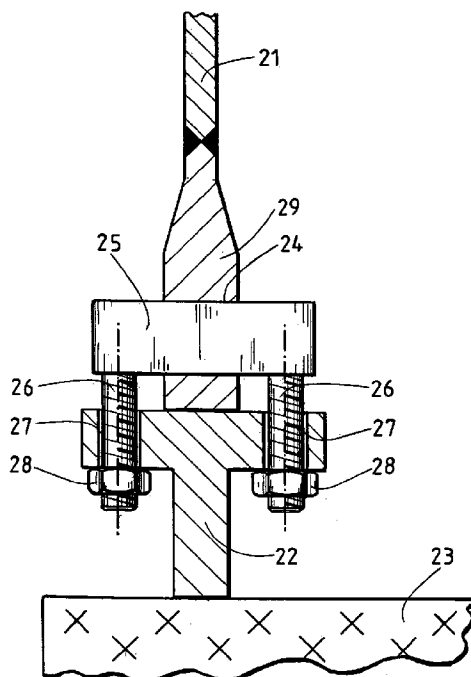
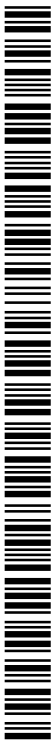


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a tower (11) of a wind turbine, comprising at least one wall part (21). Said wall part (21) has been joined or is joined to a second adjacent wall part (41), or said wall part (21) has been arranged or is arranged on a base (23). The wall part (21) has been joined or is joined to the base (23). The tower (11) is further developed in that during or for the configuration of the tower (11), said wall part (21) comprises at least one cross hole (24) that is traversed or is to be traversed by a cross bolt (25), and said wall part (21) has been braced or is braced with the adjacent second wall part (41) by means of a tensioning element (26) acting upon the cross bolt (25) and/or said wall part (21) has been braced or is braced with the base (23) by means of a tensioning element (26) acting upon the cross bolt (25).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Turm (11) einer Windenergieanlage mit wenigstens einem Wandteil (21), wobei das eine Wandteil (21) mit einem zweiten angrenzenden Wandteil (41) verbunden ist oder wird oder das eine Wandteil (21) auf einem Grundkörper (23) angeordnet ist oder wird, wobei das Wandteil (21) mit dem Grundkörper (23) verbunden ist oder wird. Der Turm (11) wird dadurch weitergebildet, dass bei oder zur Ausbildung des Turms (11) das eine Wandteil (21) wenigstens eine Querbohrung (24) aufweist, wobei die Querbohrung (24) von einem Querbolzen (25) durchsetzt ist oder wird und das Wandteil (21) mittels eines am Querbolzen (25) angreifenden Spannelements (26) mit dem angrenzenden zweiten Wandteil (41) verspannt ist oder wird und/oder das eine Wandteil (21) mittels eines am Querbolzen (25) angreifenden Spannelements (26) mit dem Grundkörper (23) verspannt ist oder wird.



WO 2009/156039 A2

**Veröffentlicht:**

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

5

10

## Turm einer Windenergieanlage

### Beschreibung

15

20

Die Erfindung betrifft einen Turm einer Windenergieanlage mit wenigstens einem Wandteil, wobei das eine Wandteil mit einem zweiten angrenzenden Wandteil verbunden ist oder wird oder das eine Wandteil auf einem Grundkörper angeordnet ist oder wird, wobei das Wandteil mit dem Grundkörper verbunden ist oder wird.

25

Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Errichten eines Turms einer Windenergieanlage sowie eine Verwendung eines Wandteils zur Ausbildung eines Turms einer Windenergieanlage.

30

Windenergieanlagen der Patentanmelderin sind unter der Bezeichnung 5M, MM92, MM82, MM70 sowie MD77 bekannt.

Moderne Windenergieanlagen weisen im Allgemeinen einen Turm auf, auf dem ein Maschinengehäuse mit einem Rotor aufgesetzt ist. Der Turm ist insbesondere als Stahlrohrturm ausgebildet und weist

**BESTÄTIGUNGSKOPIE**

im Allgemeinen eine sich verjüngende Form auf.

Der Turm selbst besteht weiterhin aus in der Regel Stahlurmab-  
schnitten, die aus vorgefertigten Mantelsegmenten zusammenge-  
5 setzt werden.

In WO-A-2004/083633 sind ein Stahlurm einer Windkraftanlage so-  
wie ein Verfahren zum Bauen eines großformatigen, zylindrischen  
oder konischen Turms einer Windkraftanlage beschrieben.

10 Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der  
Erfindung darin, einen Turm einer Windenergieanlage bereitzustel-  
len, wobei es möglich sein soll, einzelne, großvolumige Teile des  
Turms auf einfache Weise zu transportieren und den Turm auf ein-  
15 fache und günstige Weise mit einer hohen Stabilität zu errichten.

Gelöst wird diese Aufgabe durch einen Turm einer Windenergiean-  
lage mit wenigstens einem Wandteil, wobei das eine Wandteil mit  
einem zweiten angrenzenden Wandteil verbunden ist oder wird oder  
20 das eine Wandteil auf einem Grundkörper angeordnet ist oder wird,  
wobei das Wandteil mit dem Grundkörper verbunden ist oder wird,  
der dadurch weitergebildet ist, dass bei oder zur Ausbildung des  
Turms a.) das eine Wandteil wenigstens eine Querbohrung aufweist,  
wobei die Querbohrung von einem Querbolzen durchsetzt ist oder  
25 wird und das Wandteil mittels eines am Querbolzen angreifenden  
Spannelements mit dem angrenzenden zweiten Wandteil verspannt  
ist oder wird und/oder b.) das eine Wandteil mittels eines am Quer-  
bolzen angreifenden Spannelements mit dem Grundkörper ver-  
spannt ist oder wird.

30 Die Erfindung beruht auf dem Gedanken, dass bei Errichtung eines  
Stahlrohrturms einer Windenergieanlage mit einem großen Durch-

messer, beispielsweise von 4,3 m und mehr, der Turm aus mehreren sich ergänzenden Wandteilen aus Stahl zusammengebaut wird, wobei die Wandteile insbesondere als teilzylindrische oder teilkonische Turmabschnitte bzw. Turmsegmente ausgebildet sind. Hierbei sind die Wandteile bevorzugt ohne Flansche oder dergleichen ausgebildet, wobei die Wandteile bzw. die Turmsegmente bzw. die Wandteile mit dem Fundamentkörper, auf dem der Turm der Windenergieanlage errichtet werden soll, lösbar verbunden sind. Hierbei weisen die Wandteile entsprechende Querbohrungen bzw. radiale Bohrungen auf, so dass in die Bohrungen Querbolzen eingesetzt werden und die Querbolzen mit Spannelementen bzw. Zugelementen verbunden werden.

Insbesondere sind in die Wandteile des Turms im Bereich der Stirnflächen der Wandteile umlaufend Querbohrungen bzw. Radialbohrungen eingebracht. In diese Querbohrungen werden entsprechende Querbolzen gesteckt, die an den Enden jeweils eine Radialbohrung oder Sacklochbohrung zur Aufnahme eines Spannelements bzw. einer Spannschraube aufweisen. Die Bohrungen des Querbolzens dienen dabei zur Verschraubung des Wandteils mit einem an dem Gegenstück angebrachten Flansch des Grundkörpers bzw. Fundamentkörpers oder eines, insbesondere zweireihigen, Fundamentankerkorbes. Bei der Verbindung von zwei Wandteilen miteinander durchsetzt ein Spannelement oder ein Spanbolzen auf der Innenseite sowie Außenseite des Turms jeweils eine Bohrung des Querbolzens am ersten Wandteil als auch die Bohrung des Querbolzens am zweiten Wandteil.

Durch den Einsatz der Querbolzen und der an dem Querbolzen angreifenden Spannelemente kann eine kraftschlussgerechte, zweireihige Verschraubung eines Turmsegmentes bzw. Mantelteils mit einem weiteren Turmsegment oder eine Verschraubung des Wand-

teils bzw. Turmsegments mit dem Grundkörper bzw. Fundamentkörper erreicht werden, wobei die Spannelemente bzw. Spannbolzen im Wesentlichen parallel zur Turmwandung bzw. tangential zur Turmwandung verlaufen, so dass das Wandteil mit dem Nachbarwandteil verspannt wird.

Dadurch, dass ein Turmsegment bzw. ein Wandteil auf einfache Weise mit beispielsweise einem T-Flansch eines Grundkörpers verbunden wird, entfällt bei dem erfindungsgemäß hergestellten Wandteil die Ausbildung eines entsprechenden Flansches bzw. Turmfußflansches, um das Wandteil auf dem T-Flansch des Grundkörpers anzuordnen. Dadurch, dass bei den Wandteilen ein entsprechender T-Flansch nicht mehr erforderlich ist bzw. wegfällt, ist es möglich, dass größere Wandteile mit einem größerem Krümmungsradius hergestellt und transportiert werden, so dass durch die Bereitstellung von flanschfreien Wandteilen ein Turmrohraußendurchmesser von 4,3 m und mehr ausgebildet werden kann, wodurch sich hierdurch eine signifikant höhere Biegesteifigkeit des Turms ergibt.

Ein limitierender Faktor bei dem Transport von großvolumigen Bauteilen von Windenergieanlagen besteht insbesondere in dem in zahlreichen Ländern festgesetzten maximalen Transportdurchmesser von 4,3 m von großvolumigen Bauteilen. Bei dem Transport von konventionellen Turmsegmenten oder Turmwandteilen, die mit einem T-Flansch oder dergleichen versehen sind, resultiert ein Rohraußendurchmesser einer Windenergieanlage am Fuß der Anlage von etwa 4 m, da die Wandteile zusätzlich beispielsweise mit einem Turmfußflansch ausgebildet sind und somit der Flansch hauptsächlich die Größe der Wandteile für den Transport begrenzt. Dadurch, dass erfindungsgemäß die Wandteile ohne Flansche, die am Errichtungsort über die Schraubverbindungen miteinander verschraubt werden, ausgebildet bzw. gefertigt sind, kann der Rohraußendurch-

messer bei der Windenergieanlage auf 4,3 m entsprechend erhöht werden, da durch die erfindungsgemäßen flanschfreien Wandteile größere Wandteile für den Transport und die Errichtung des Turms zur Verfügung gestellt werden können.

5

Durch die Vergrößerung des Rohraußendurchmessers des Turms steigt entsprechend das Widerstandsmoment der Turmhülle bei gleicher Wandstärke im Verhältnis zu einer T-Flanschverbindung um 25 % und mehr, so dass hierdurch eine höhere Biegesteifigkeit des Turms in entsprechender Weise erreicht wird.

10

Zum Transport der erfindungsgemäß größeren, vorzugsweise flanschfreien, Turmsegmente oder Wandteile können je nach Anforderung entsprechende Transportversteifungen für die zu transportierenden Turmteile vorgesehen sein, da die aussteifende Wirkung der üblicherweise vorhandenen Flansche entfällt. Dies gilt insbesondere auch für Schalensegmente. Nach dem Transport werden am Errichtungsort des Windenergieanlagenturms die Versteifungselemente oder dergleichen von den Turmsegmenten entfernt, die dann für weitere Transportfahrten wieder verwendet werden können.

15

20

Darüber hinaus ist die Herstellung der flanschfreien Wandteile auch günstiger, da kein aufwendig hergestellter Flansch mit einer entsprechenden Passgenauigkeit für das Wandteil mehr erforderlich ist.

25

Im Rahmen der Erfindung ist es möglich, dass durch eine hohe (erforderliche) Vorspannung in den Spannelementen bzw. Spannbolzen im Querbolzen und in der Turmwandung dementsprechend örtlich begrenzt sehr hohe Beanspruchungen entstehen. Bevorzugt wird die Vorspannung so hoch gewählt, dass eine lokal plastische Verformung auftritt. Der Querbolzen sowie die Turmwandung im Be-

30

reich der Querbohrungen sind dabei vorzugsweise aus Material gefertigt, welches besonders hohen Anforderungen an die Zähigkeits-  
eigenschaften genügt. Durch diese Maßnahmen wird eine besonders hohe Materialausnutzung und eine sehr wirtschaftliche Auslegung erreicht.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist außerdem vorgesehen, dass das eine Wandteil stirnseitig oder auf Stoß an das zweite Wandteil und/oder an den Grundkörper angrenzt und/oder angeordnet ist, so dass die erfindungsgemäße Querbolzenverbindung sowohl am Turmfuß als auch bei der Ausbildung von Schalentürmen über entsprechende vertikale und/oder horizontale Verbindungsstöße möglich ist.

Bei der Verbindung von mehreren Segmenten fallen ebenfalls entsprechend teure und aufwendige Flansche weg, wodurch eine einfache Bearbeitung der Wandteile durch Einbringen von Bohrungen in die Wandteile erreicht wird.

Insbesondere sind mehrere Querbohrungen, vorzugsweise radiale Bohrungen, im Randbereich bzw. an den Stirnseiten des Wandteils ausgebildet, der bzw. die an das zweite Wandteil oder an den Grundkörper angrenzt, wobei vorzugsweise mehrere Querbohrungen in vorbestimmten unterschiedlichen Abständen zum Rand des Wandteils oder zur Stirnseite ausgebildet sind.

Dadurch, dass die vorgesehenen Querbohrungen beispielsweise in zwei verschiedenen Abständen zum Randbereich oder zur Stirnseite des Wandteils ausgebildet sind, ist es möglich, dass entlang des Randbereichs bzw. der Stirnseite zwei Reihen von Querbohrungen ausgebildet sind, wobei vorzugsweise die Querbohrungen der beiden Reihen alternierend zueinander angeordnet sind. Hierdurch ist

es möglich, dass mehr Bohrungen in das Wandteil eingebracht werden als bei einer einreihigen Anordnung von Querbohrungen mit einem konstanten Abstand zur Stirnseite bzw. zum Rand.

5 Vorteilhafterweise sind der oder die Querbolzen für die Querbohrungen senkrecht zur Oberfläche des Wandteils ausgebildet, so dass bei Ausbildung bzw. Errichtung des Turms die angeordneten Querbolzen in radialer Richtung angeordnet sind.

10 Darüber hinaus zeichnet sich der errichtete bzw. der zu errichtende Turm in einer Weiterbildung dadurch aus, dass die Querbolzen beidseits des Wandteils Bohrungen oder Durchgangslöcher zur Aufnahme von Spannelementen, beispielsweise Spannbolzen oder dergleichen oder Zugelementen, haben.

15 Außerdem ist es bevorzugt, wenn die in die Querbohrungen eingesetzten Querbolzen im Querschnitt rund oder oval ausgebildet sind. Entsprechend sind die Bohrungen im Wandteil rund oder oval.

20 Bei der erfindungsgemäßen Verbindung eines Wandteils mit einem zweiten Wandteil und/oder mit einem Grundkörper, z.B ein Fundamenteinbauteil, sind ein Querbolzen und ein Spannelement bzw. ein Spannbolzen miteinander in Wirkverbindung bringbar, wobei das Spannelement eine Längsachse definiert und in einer weiteren Ausgestaltung der Querbolzen in Richtung der Längsachse des Spannelements eine höhere Biegesteifigkeit als quer zur Längsachse aufweist.

30 Vorzugsweise hat der Querbolzen in Richtung der Längsachse des Spannelements eine größere Ausdehnung als quer zur Richtung der Längsachse des Spannelements. Bevorzugterweise ist der Querbolzen außerdem im Querschnitt elliptisch, oval, teilweise elliptisch

oder teilweise oval ausgebildet. Überdies kann der Querbolzen im Querschnitt doppel-T-förmig mit abgerundeten Kanten oder knochenförmig ausgebildet sein.

5 Zur Verbindung eines Wandteils mit einem weiteren Turmwandteil oder mit einem Grundkörper sind in einer bevorzugten Ausgestaltung am Wandteil die Querbohrungen für die Querbolzen in wenigstens zwei Reihen angeordnet, wobei wenigstens eine erste Reihe näher an dem stirnseitigen Ende bzw. an der Stoßseite des Wandteils als wenigstens eine zweite Reihe angeordnet ist. Vorzugsweise sind die Reihen der Querbohrungen für die Querbolzen um den (Teil-)Umfang oder entlang der Längsachse des Wandteils angeordnet.

15 Weiterhin ist in einer Ausgestaltung vorgesehen, dass die Wirkverbindung der Spannelemente mit den Querbolzen, die in der zweiten Reihe angeordnet sind, weicher ausgestaltet ist im Vergleich zur Wirkverbindung der Spannelemente mit den Querbolzen, die in der ersten Reihe angeordnet sind.

20 Überdies sind bei einer zweireihigen oder mehrreihigen Anordnung der Querbolzen am Wandteil die Spannelemente wenigstens teilweise unterschiedlich lang. Insbesondere sind die Spannelemente, die der ersten Reihe zugeordnet sind, kürzer als die Spannelemente, die der zweiten Reihe zugeordnet sind. Weiterhin ist es gemäß einer Weiterbildung vorteilhaft, wenn die Spannelemente wenigstens teilweise unterschiedlich dick sind.

30 Darüber hinaus zeichnet sich eine Verbindung dadurch aus, dass die Spannelemente, die der ersten Reihe von Querbolzen zugeordnet sind, dicker sind als die Spannelemente, die der zweiten Reihe von Querbolzen zugeordnet sind.

Es ist in einer bevorzugten Ausführungsform vorgesehen, dass der Verbindungsbereich des Wandteils mit dem zweiten Wandteil wenigstens teilweise radial, insbesondere im Wesentlichen horizontal, umlaufend oder wenigstens teilweise vertikal, vorzugsweise im Wesentlichen vertikal, verlaufend ausgebildet ist oder der Verbindungsbereich des Wandteils mit dem Grundkörper wenigstens teilweise radial, vorzugsweise im Wesentlichen horizontal, umlaufend ausgebildet ist. Hierdurch ist es möglich, dass mehrere Wandteile bzw. Turmsegmente zu einem Turmsegmentabschnitt über entsprechende Vertikalverbindungen miteinander verbunden werden. Darüber hinaus werden über entsprechende Horizontalverbindungen mehrere Turmabschnitte bzw. der Turmfußabschnitt mit dem Grundkörper verbunden.

Des Weiteren zeichnet sich der Turm in einer Ausgestaltung dadurch aus, dass zwischen dem Wandteil und dem zweiten Wandteil wenigstens ein Zwischenstück angeordnet ist oder wird, so dass die beiden miteinander zu verbindenden Wandteile unter Zwischenschaltung eines Zwischenstücks miteinander verbunden werden. Hierdurch wird die Montage von zwei Wandteilen bei der Verbindung bzw. bei der Turmerrichtung erleichtert und verbessert.

Hierzu ist weiter vorgesehen, dass das Zwischenstück im Querschnitt L-förmig oder T-förmig oder U-förmig oder S-förmig oder Z-förmig oder Y-förmig oder H-förmig ausgebildet ist.

Überdies wird die Montage bei zwei miteinander zu verbindenden Wandteilen bzw. die Handhabung erleichtert, wenn das Zwischenstück zwischen den beiden Wandteilen an wenigstens einem Wandteil fixiert ist oder wird. Hierbei ist beispielsweise das Zwischenstück mittels Befestigungsschrauben oder Stiften fixiert. Darüber hinaus

ist es auch möglich, dass das Zwischenstück an einem Wandteil angeschweißt oder angeklebt ist.

5 Eine weitere Verbesserung der Montage wird dadurch erreicht, dass das Zwischenstück auf wenigstens einer Seite einen trichterförmigen Öffnungsbereich aufweist. Hierbei ist beispielsweise das H-förmige Zwischenstück mit schräg nach außen verlaufenden bzw. sich öffnenden Schenkeln ausgebildet, so dass bei Anordnung eines zu verbindenden Wandteils mit einem anderen Wandteil durch den  
10 trichterförmigen Öffnungsbereich des Zwischenstücks die angrenzenden Stoßseiten bzw. Stirnseiten der Wandteile exakt positioniert und ausgerichtet werden.

Außerdem zeichnet sich der Turm in einer vorteilhaften Ausführungsform dadurch aus, dass das Wandteil oder die Wandteile im Bereich der Querbohrung oder der Bohrungen mit einer Dichtung  
15 oder einem verstärkten bzw. dickeren Verbindungsblech (oder Fußblech) oder Randblech ausgebildet sind, da im kraftflussübertragenden Verbindungsbereich hierdurch eine dauerhaft stabile  
20 Verbindung zwischen den Wandteilen erreicht wird.

Hierbei ist das Wandteil im Bereich der Querbohrungen im Durchmesser dicker ausgebildet als im mittleren Bereich des entsprechenden Wandteils.

25 Vorteilhafterweise weist der Turm wenigstens einen Rohrturmabschnitt mit wenigstens zwei miteinander verbundenen Wandteilen auf. Bevorzugterweise wird ein Rohrturmabschnitt mit im Wesentlichen kreisförmigem Rohrdurchmesser durch drei miteinander verbundene  
30 Wandteile ausgebildet, wobei die Wandteile in diesem Fall als schalenförmige Turmsegmente gleicher Bogenlänge, d.h. jeweils von 120°, ausgebildet sind.

Um einen Turm zu errichten, ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass das Wandteil auf einen Flansch, insbesondere einen T-Flansch eines Fundamentkörpers, oder auf einen Ankerkorb, insbesondere eines Fundamentkörpers, aufgesetzt wird oder ist. Hierbei besteht  
5 der Fundamentkörper aus Beton, der in ein Fundamentbett im Boden eingebracht ist, wobei im Fundamentkörper auf der Oberseite ein T-Flansch bzw. im Inneren ein entsprechender Ankerkorb für einen Rohrturm vorgesehen ist.

Darüber hinaus wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Errichten eines Turms einer Windenergieanlage, wobei der Turm, wie voranstehend beschrieben, ausgebildet wird. Hierbei wird der Turm dadurch ausgebildet, dass wenigstens ein Wandteil  
10 des Turms mit einem zweiten angrenzenden Wandteil verbunden wird oder das eine Wandteil auf einem Grundkörper angeordnet wird, wobei das Wandteil mit dem Grundkörper verbunden wird, und bei oder zur Ausbildung des Turms das eine Wandteil wenigstens eine Querbohrung aufweist, wobei die Querbohrung von einem  
15 Querbolzen durchsetzt wird oder ist und das Wandteil mittels eines am Querbolzen angreifenden Spannelements mit dem angrenzenden zweiten Wandteil verspannt wird und/oder das eine Wandteil mittels eines am Querbolzen angreifenden Spannelements mit dem Grundkörper verspannt wird. Bevorzugte Weiterbildungen der Er-  
20 richtung eines Windenergieanlagenturms ergeben sich aus der voranstehenden Beschreibung, auf die zur Vermeidung von Wiederholungen ausdrücklich verwiesen wird.

Insbesondere zeichnet sich das Verfahren dadurch aus, dass bei  
30 Verbindung eines Wandteils mit einem zweiten Wandteil oder eines Wandteils mit einem Grundkörper bzw. Fundamentkörper die Spannelemente bzw. Spannbolzen für den oder die Querbolzen

beidseits des Wandteils synchronisiert vorgespannt werden. Hierdurch werden das innere und äußere Spannelement eines Querbolzens synchron vorgespannt. Durch die Synchronisierung der Ver-  
spannung, d.h. das gleichzeitige Anziehen der Spannelemente bzw.  
5 der Spannbolzen an einem Querbolzen wird das Verkanten der Querbolzen in der Turmwandung vermieden. Die Synchronisierung kann beispielsweise durch gleichzeitiges Anziehen der Spannbolzen durch zwei Monteure erfolgen, die sich über eine Sprechverbindung entsprechend verständigen, wobei ein Monteur jeweils auf der Au-  
10 ßenseite und auf der Innenseite die Spannbolzen verspannt. In einer Alternative ist es möglich, dass zwei (automatische) Vorspanneinrichtungen, d.h. jeweils eine Vorspanneinrichtung auf der Turmwandinnenseite bzw. auf der Turmwandaußenseite vorgesehen sind, die auf elektrische und/oder hydraulische und/oder pneumati-  
15 sche Weise miteinander, beispielsweise über entsprechende Kabel- bzw. Schlauchverbindungen, synchronisiert sind bzw. werden.

Darüber hinaus erfolgt eine Lösung der Aufgabe durch eine Verwendung eines Wandteils zur Ausbildung eines Turms einer Wind-  
20 energieanlage, wobei der Turm, wie voranstehend beschrieben, ausgebildet ist oder wird. Zur Vermeidung von Wiederholungen wird auf die obigen Ausführungen ausdrücklich verwiesen, die in entsprechender Weise gelten.

25 Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei bezüglich aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich auf die Zeichnungen verwiesen wird. Es zeigen:

30 Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Windenergieanlage;

Fig. 2 eine schematische Querschnittsansicht eines Abschnitts eines Turmfußes einer Windenergieanlage;

5 Fig. 3 eine schematische Querschnittsansicht eines Turmfußes gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig. 4a, 4b schematische Seitenansichten auf den Verbindungsbereich eines Wandteils;

10 Fig. 5 schematisch einen Querschnitt durch zwei miteinander verbundene Wandteile und

15 Fig. 6 schematisch eine Detailansicht eines Verbindungsstücks zwischen zwei Wandteilen im Querschnitt.

In den folgenden Figuren sind jeweils gleiche oder gleichartige Elemente bzw. entsprechende Teile mit denselben Bezugsziffern versehen, so dass von einer entsprechenden erneuten Vorstellung abgesehen wird.

20

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Windenergieanlage 10. Die Windenergieanlage 10 weist einen Turm 11 auf und einen Rotor 12, der drei Rotorblätter 14 umfasst, die auf einer Rotornabe 13 angebracht sind. Bei Windeinfall dreht der Rotor 12 in an sich bekannter Weise. Hierdurch kann Leistung von einem an den Rotor 12 bzw. an die Rotornabe 13 angeschlossenen Generator erzeugt werden und in ein Verbrauchernetz abgegeben werden.

25

30 Der Turm 11 ist hierbei als Stahlrohrturm ausgebildet und besteht aus mehreren, miteinander verbundenen Rohrturmabschnitten. Die Rohrturmabschnitte werden auch als Turmschuss bezeichnet, so

dass ein Rohrturm als mehrschüssiger Rohrturm ausgebildet ist. Bei der Errichtung des Rohrturms wird der Turmschuss bzw. Rohrturmabschnitt durch mehrere Turmsegmente bzw. Turmwandteile gebildet, wobei die Turmsegmente bzw. Wandteile bei einer dreiteiligen Ausführung eines Rohrturmabschnittes als 120° Schalensegment ausgebildet sind.

Fig. 2 zeigt in einer Detailansicht die Verbindung eines Turmwandteils 21 mit einem T-Flansch 22 im Querschnitt, der in einem Fundament 23 aus Beton in an sich bekannter Weise eingegossen ist. Das Fundament 23 kann dabei als Fertigbetonfundament oder auch als Ortbeton-Fundament oder Transportbeton-Fundament ausgeführt sein. Das Fundament 23 ist auf einem oder in einem entsprechenden Untergrund bzw. Boden platziert.

Das Turmwandteil 21 ist im unteren Bereich bzw. Randbereich mit einer größeren Dicke ausgebildet als im oberen bzw. mittleren Bereich des Turmwandteils 21. Hierzu weist das Turmwandteil 21 im unteren Bereich ein angeschweißtes, in der Wandstärke dickeres bzw. größeres Verbindungsblech 29 auf, das im Übergang zum Mantelblech des Turmwandteils 21 geschäftet ist. Hierdurch ergibt sich ein sanfter Dickenübergang zur Turmwandung.

Im unteren verdickt ausgebildeten Verbindungsbereich des Turmwandteils 21 ist eine Bohrung bzw. Querbohrung 24 ausgebildet, in die ein Querbolzen 25 eingesetzt wird. Der Querbolzen 25 verfügt über sogenannte Sackbohrungen zur Aufnahme von Spannschrauben oder Spannbolzen. Bevorzugterweise sind im Querbolzen 25 entsprechende Gewindesacklöcher oder Gewindedurchgangslöcher ausgebildet.

Zur Verbindung des T-Flansches 22 mit dem Turmwandteil 21

durchsetzen, als Gewindebolzen ausgeführte Schraubbolzen 26 die Bohrungen 27 des T-Flansches 22 und die (nicht dargestellten) Sackbohrungen im Querbolzen 25. An der Unterseite der T-Flanken des T-Flansches 22 sind Schraubmuttern 28 auf den Spannbolzen 26 aufgesetzt, so dass durch Andrehen der Schraubenmuttern 28 der T-Flansch 22 und das Turmwandteil 21 miteinander verbunden werden, wobei das Turmwandteil 21 und der T-Flansch 22 durch die am Querbolzen 25 angreifenden Spansschrauben 26 miteinander verspannt werden. Alternativ zu den Schraubbolzen kann die Verbindung auch mit konventionellen Sechskantschrauben erfolgen.

Fig. 3 zeigt schematisch im Querschnitt ein weiteres Ausführungsbeispiel für die Anordnung eines Turmwandteils 21 auf dem aus Beton ausgebildeten Fundament 23. Im unteren Bereich des Turmwandteils 21 ist das mit einer Dichtung ausgebildete Verbindungsblech 29 angeschweißt, wobei stirnseitig das Verbindungsblech 29 auf einer Lasteinleitplatte 32 aufsetzt. Die Lasteinleitplatte 32 ist im Fundament 23 eingelassen und wird von Ankerstangen 33 eines im Betonfundament 23 angeordneten Ankerkorbes durchsetzt.

Die Ankerstangen 33 des Ankerkorbs sind im Beton 23 angeordnet und ragen senkrecht durch die Lasteinleitplatte 32 hindurch und ragen durch die Bohrungen 30 des Querbolzens 25 hindurch. Auf der Oberseite des Querbolzens 25, der an seinen beiden Außenseiten abgeflacht ausgebildet ist, sind entsprechende Schraubmuttern 28 auf dem Schraubgewinde der Ankerstangen 33 aufgesetzt. Durch Anziehen der Muttern 28 werden das Turmwandteil 21 und der Ankerkorb bzw. das Fundament 23 miteinander verspannt.

Beispielsweise verfügt eine erfindungsgemäße Turmfußverbindung einer 3,3 Megawatt-Windenergieanlage der Patentanmelderin über die folgende Ausführungsgeometrie bzw. die nachfolgenden Ab-

messungen: Rohraußendurchmesser 4300 mm, Wandungsdicke (Mantelblech): 35 mm, Verbindungsblechdicke: 80 mm, Höhe des Verbindungsblechs: 250 mm; Schäftung (d.h. Schrägung im Übergang zum Mantelblech) des Verbindungsblechs: 1:4; Querbolzendurchmesser: 100 mm sowie Abstand zwischen Querbohrung und Turmfuß: 100 mm.

Fig. 4a und Fig. 4b zeigen schematisch Seitenansichten auf die in Fig. 3 dargestellte Verbindung des Turmwandteils 21 mit dem Fundament 23. In Fig. 4a sind alle Bohrungen 24, in denen die Querbolzen 25 eingesetzt werden, in der gleichen Höhe, d.h. im selben Abstand zur Stirnseite 31 des Verbindungsblechs 29, ausgebildet.

Bei dem in Fig. 4b dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Bohrungen für die Querbolzen 25 in zwei verschiedenen Höhen bzw. in zwei unterschiedlichen Abständen zur Stirnseite alternierend angeordnet; so dass hierdurch eine zweireihige Anordnung von Querbolzen 25 mit unterschiedlichen Abständen zur Stirnseite 31 des Verbindungsblechs 29 ausgebildet werden. Hierdurch ergibt sich eine kompaktere Bauweise, d.h. eine höhere Anzahl an Bohrungen bzw. Querbolzen 25 auf derselben Länge, da aufgrund der versetzten alternierenden Bohrungen die Bohrungen für die Querbolzen 25 dichter beieinander, d.h. mit einem geringeren Abstand zueinander, ausgebildet werden.

Fig. 5 zeigt nicht maßstäblich im Querschnitt die Verbindungen von den beiden Turmwandteilen 21, 41 miteinander, wobei im Übergangsbereich die Turmwandteile 21, 41 jeweils ein mit einer Verdickung ausgebildetes Verbindungsblech 29, 49 haben. Hierbei sind die Verbindungsbleche 29, 49 mit ihren Stirnseiten zueinander ausgerichtet, wobei zwischen den Stirnseiten der Verbindungsbleche 29, 49 ein H-förmiges Zwischenstück 51 angeordnet ist.

Die Spannbolzen 26 durchdringen die Bohrungen 27 der Querbolzen 25 auf beiden Seiten der Turmwandteile 21 bzw. 41, so dass durch Anziehen der Schraubenmuttern 28 die beiden Wandteile 21 und 41 miteinander verspannt werden. Alternativ kann auch einer der beiden Querbolzen aus Kostengründen mit Sacklochbohrungen, wie in Fig. 2 dargestellt, ausgebildet sein und die Verspannung mit konventionellen Sechskantschrauben erfolgen.

Bei der in Fig. 5 dargestellten Verbindung von zwei Turmsegmenten bzw. zwei Turmwandteilen 21, 41 kann der Verbindungsbereich zwischen den beiden Wandteilen mit den durch Schraubbolzen 26 miteinander verspannten Querbolzen 25 der Wandteile 21, 41 horizontal verlaufend oder vertikal verlaufend ausgebildet sein. Im letzteren Fall ist die Turmwandung dann mit dem Turmradius gekrümmt ausgeführt.

In Fig. 6 ist eine Variante eines H-förmigen Zwischenstücks 51 zwischen den beiden Wandteilen 21, 41 bzw. deren stirnseitigen Verbindungsblechen 29, 49 dargestellt. Hierbei umgeben bzw. überdecken die senkrechten Schenkel des „H“-förmigen Zwischenstücks 51 die beiden Stirnseiten der Verbindungsbleche 29, 49. Auf einer Seite des Flußblechs 49 ist das Zwischenstück 51 an einer Schenkelseite mittels eines Befestigungsstiftes 52 montiert. Darüber hinaus weist das Zwischenstück 51 im oberen bzw. gegenüberliegenden Bereich einen sich erweiternden bzw. trichterförmigen Öffnungsbereich auf, wobei die senkrechten Schenkel des „H“ seitlich nach außen gerichtet sind. Hierdurch ergibt sich eine Art Einführhilfe bei der Montage der beiden miteinander zu verbindenden Turmwandteile.

Die H-förmigen Zwischenstücke 51 sind bevorzugterweise als Kreisbogensegmente bei horizontal aufeinander stoßenden Wandteilen

ausgebildet, wodurch mehrere Wandteile als gebogene Turmschalen-  
segmente zu einem Turmschuss verbunden werden. Die H-  
förmigen Zwischenstücke 51 sind alternativ auch als gerade Profile  
bei einem Vertikalstoß der miteinander zu verbindenden Wandteile  
5 ausgebildet.

Bezugszeichenliste

	10	Windenergieanlage
	11	Turm
5	12	Rotor
	13	Rotornabe
	14	Rotorblatt
	21	Turmwandteil
	22	T-Flansch
10	23	Fundament
	24	Bohrung
	25	Querbolzen
	26	Schraubbolzen
	27	Flanschbohrung
15	28	Schraubenmutter
	29	Verbindungsblech
	31	Stirnseite
	32	Lasteinleitplatte
	33	Ankerstange
20	41	Turmwandteil
	49	Verbindungsblech
	51	Zwischenstück
	52	Befestigungsstift

5

10

## Turm einer Windenergieanlage

### Patentansprüche

15

20

25

30

1. Turm (11) einer Windenergieanlage mit wenigstens einem Wandteil (21), wobei das eine Wandteil (21) mit einem zweiten angrenzenden Wandteil (41) verbunden ist oder wird oder das eine Wandteil (21) auf einem Grundkörper (23) angeordnet ist oder wird, wobei das Wandteil (21) mit dem Grundkörper (23) verbunden ist oder wird, dadurch gekennzeichnet, dass bei oder zur Ausbildung des Turms (11) das eine Wandteil (21) wenigstens eine Querbohrung (24) aufweist, wobei die Querbohrung (24) von einem Querbolzen (25) durchsetzt ist oder wird und das Wandteil (21) mittels eines am Querbolzen (25) angreifenden Spannelements (26) mit dem angrenzenden zweiten Wandteil (41) verspannt ist oder wird und/oder das eine Wandteil (21) mittels eines am Querbolzen (25) angreifenden Spannelements (26) mit dem Grundkörper (23) verspannt ist oder wird.

2. Turm (11) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das eine Wandteil (21) stirnseitig oder auf Stoß an das zweite Wandteil (41) und/oder an den Grundkörper (23) angrenzt und/oder angeordnet ist.

5

3. Turm (11) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Querbohrungen (24) im Randbereich des Wandteils (21) ausgebildet sind, der an das zweite Wandteil (41) oder an den Grundkörper (41) angrenzt, wobei insbesondere mehrere Querbohrungen (24) in vorbestimmten unterschiedlichen Abständen zum Rand des Wandteils (21) ausgebildet sind.

10

4. Turm (11) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Querbolzen (25) beidseits des Wandteils Bohrungen oder Durchgangslöcher zur Aufnahme von Spannelementen (26) haben.

15

5. Turm (11) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Querbolzen (24) im Querschnitt rund oder oval ausgebildet sind.

20

6. Turm (11) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbindungsbereich des Wandteils (21) mit dem zweiten Wandteil (41) wenigstens teilweise radial, insbesondere im Wesentlichen horizontal, umlaufend oder wenigstens teilweise vertikal, vorzugsweise im Wesentlichen vertikal, verlaufend ausgebildet ist oder der Verbindungsbereich des Wandteils (21) mit dem Grundkörper (23) wenigstens teilweise radial, vorzugsweise im Wesentlichen horizontal, umlaufend ausgebildet ist.

25

30

7. Turm (11) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Wandteil (21) und dem zweiten Wandteil (41) wenigstens ein Zwischenstück (51) angeordnet ist oder wird.
- 5
8. Turm (11) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenstück (51) im Querschnitt L-förmig oder T-förmig oder U-förmig oder S-förmig oder Z-förmig oder Y-förmig oder H-förmig ausgebildet ist.
- 10
9. Turm (11) nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenstück (51) an wenigstens einem Wandteil (41) fixiert ist oder wird.
- 15
10. Turm (11) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenstück (51) auf wenigstens einer Seite einen trichterförmigen Öffnungsbereich aufweist.
- 20
11. Turm (11) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Wandteil (21) im Bereich der Querbohrung (24) oder der Bohrungen (24) mit einer Dichtung ausgebildet ist.
- 25
12. Turm (11) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Turm (11) wenigstens einen Rohr- turmabschnitt mit wenigstens zwei miteinander verbundenen Wandteilen (21, 41) aufweist.
- 30
13. Turm (11) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Wandteil (21) auf einen Flansch (22), insbesondere T-Flansch (22) eines Fundamentkörpers (23), oder auf einen Ankerkorb, insbesondere eines Fundament-

körpers (23), aufgesetzt wird oder ist.

5 14. Verfahren zum Errichten eines Turms (11) einer Windenergieanlage, wobei der Turm (11) dadurch ausgebildet wird, dass wenigstens ein Wandteil (21) des Turms mit einem zweiten angrenzenden Wandteil (41) verbunden wird oder das eine Wandteil (21) auf einem Grundkörper (23) angeordnet wird, wobei das Wandteil (21) mit dem Grundkörper (23) verbunden wird, und bei oder zur Ausbildung des Turms (11) das  
10 eine Wandteil (21) wenigstens eine Querbohrung (24) aufweist, wobei die Querbohrung (24) von einem Querbolzen (25) durchsetzt wird oder ist und das Wandteil (21) mittels eines am Querbolzen (25) angreifenden Spannelements (26) mit dem angrenzenden zweiten Wandteil (41) verspannt wird und/oder das eine Wandteil (21) mittels eines am Querbolzen (25) angreifenden Spannelements (26) mit dem Grundkörper (23) verspannt wird, wobei insbesondere der Turm (11) vorzugsweise nach einem der Ansprüche 2 bis 13 ausgebildet wird.

20 15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannelemente (26) für den oder die Querbolzen (25) beidseits des Wandteils (21) synchronisiert vorgespannt werden.

25 16. Verwendung eines Wandteils (21, 41) zur Ausbildung eines Turms (11) einer Windenergieanlage, wobei der Turm (11) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 ausgebildet ist oder wird.

30

1/4

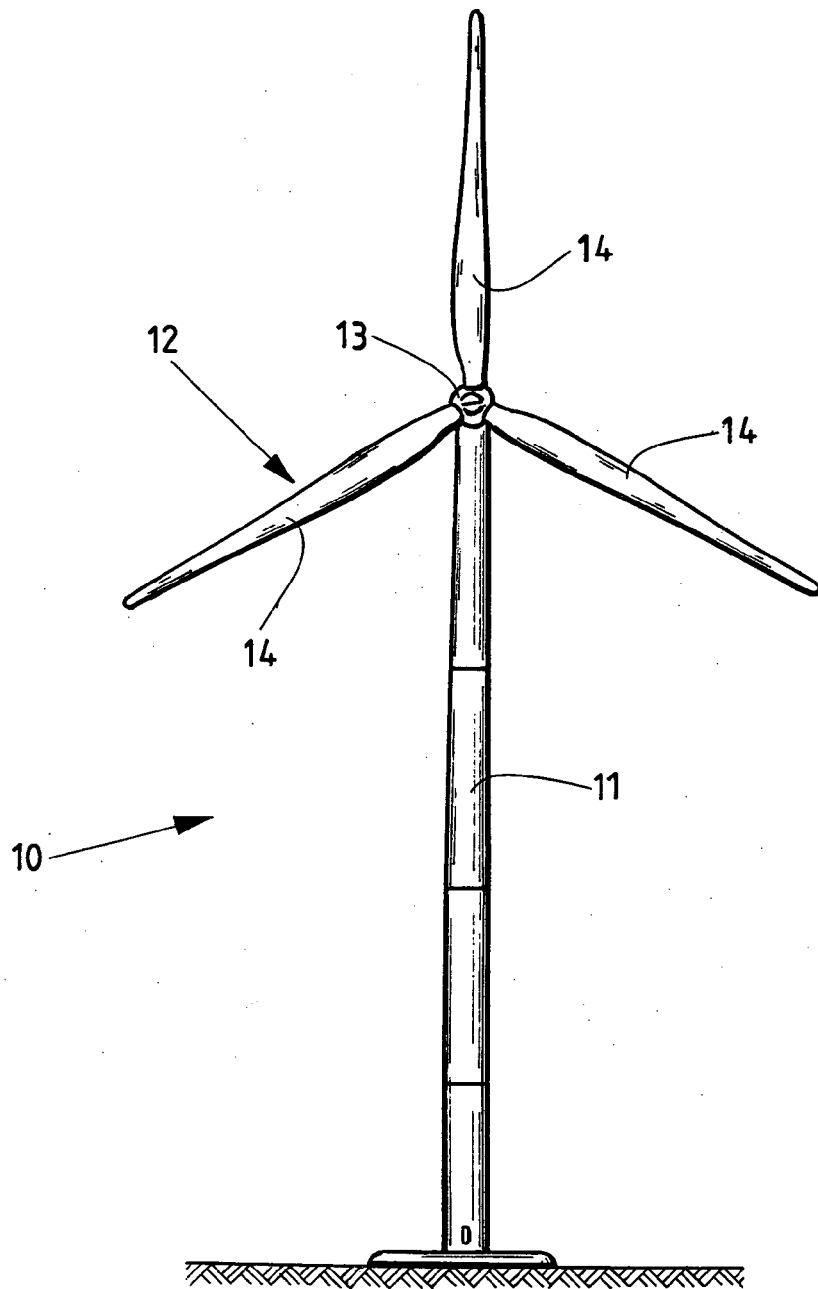


Fig. 1

ERSATZBLATT (REGEL 26)

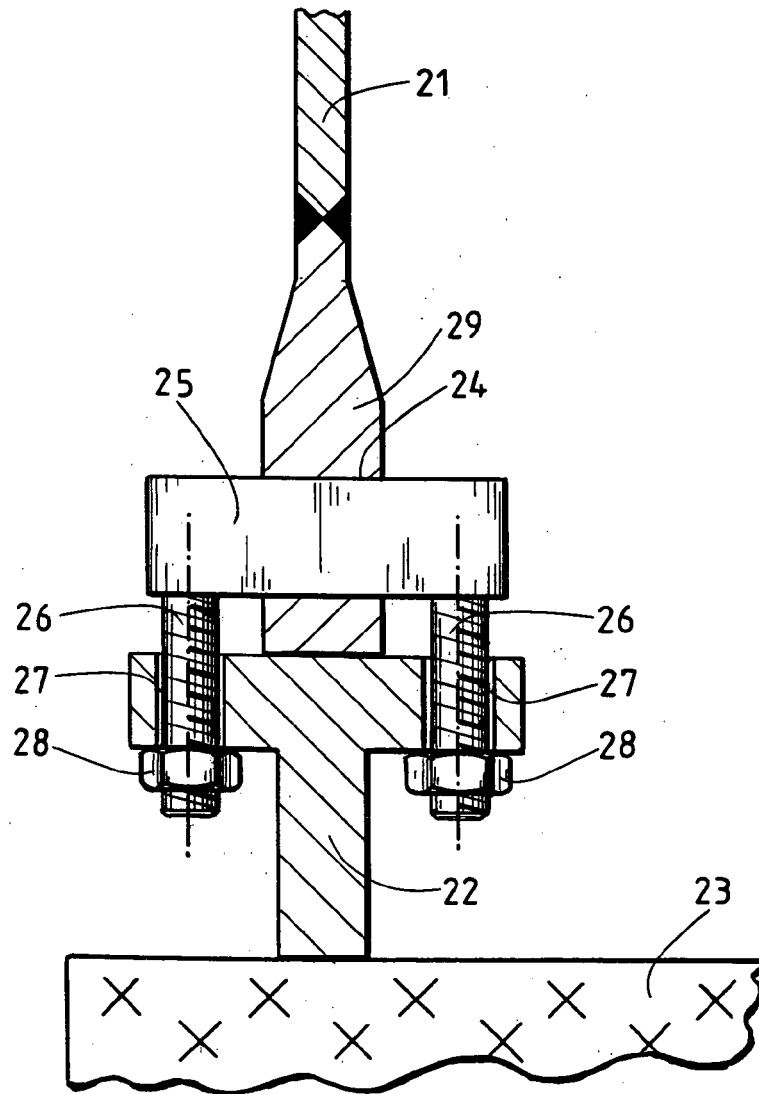


Fig. 2

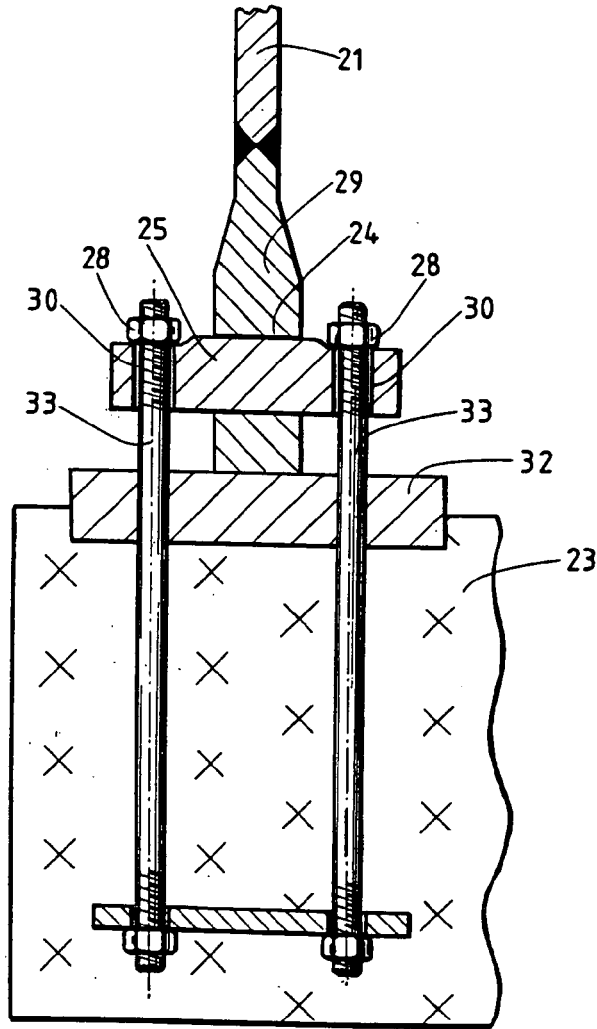


Fig. 3

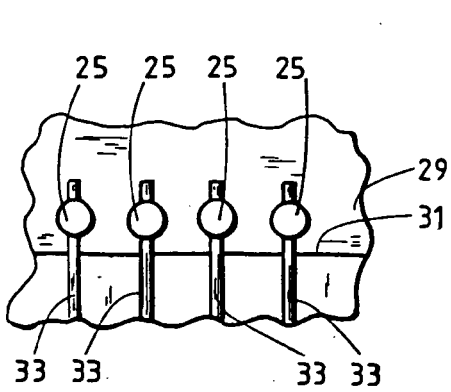


Fig 4a

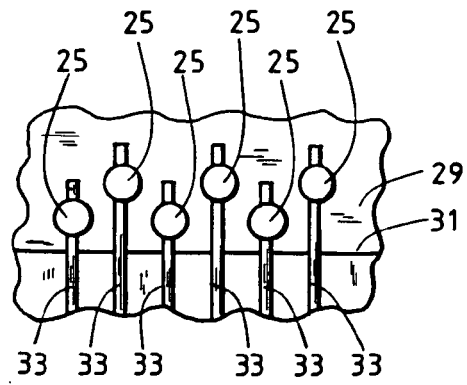


Fig. 4b

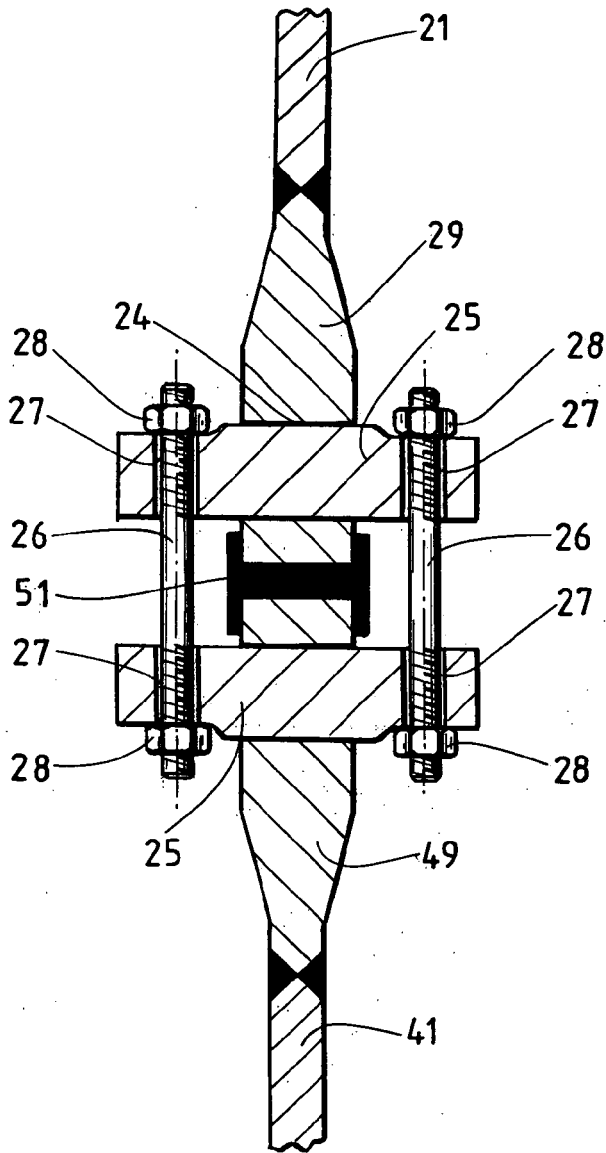


Fig. 5

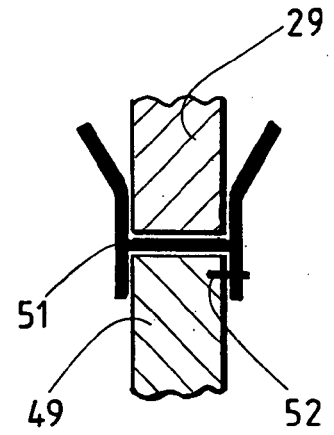


Fig. 6