



(10) **DE 10 2015 117 520 B3** 2017.03.02

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 117 520.7**

(22) Anmeldetag: **15.10.2015**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **02.03.2017**

(51) Int Cl.: **F03D 80/00 (2016.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**SCHOTTEL Hydro GmbH, 56322 Spay, DE**

(72) Erfinder:  
**Baldus, Martin, 56459 Rotenhain, DE**

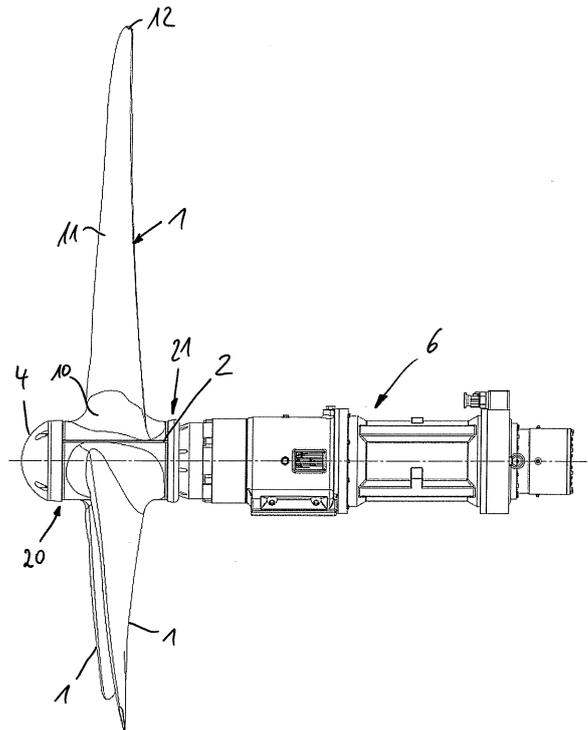
(74) Vertreter:  
**Wagner Albiger & Partner Patentanwälte mbB,  
53225 Bonn, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>10 2006 014 742</b>	<b>A1</b>
<b>DD</b>	<b>75 252</b>	<b>A1</b>
<b>GB</b>	<b>2 526 302</b>	<b>A</b>

(54) Bezeichnung: **Turbine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Turbine mit mehreren Flügeln (1), die sich jeweils von einem Flügelfuß (10) über ein Flügelprofil (11) bis zu einer Flügelspitze (12) erstrecken und mit ihrem Flügelfuß (10) an einer drehbaren Nabe (2) in einem Anschlussbereich (22) zwischen einer Nabenspitze (20) und einem Nabenende (21) derselben befestigt sind, wobei der Flügelfuß (10) einen zur Nabenspitze (20) weisenden ersten Steg (13) und einen zum Nabenende (21) weisenden zweiten Steg (14) aufweist, die jeweils über das Flügelprofil (11) vorstehen und die Nabe (2) entsprechende, den ersten und zweiten Steg (13, 14) formschlüssig aufnehmende Nuten (23, 24) aufweist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Turbine mit mehreren Flügeln, die sich jeweils von einem Flügelfuß über ein Flügelprofil bis zu einer Flügelspitze erstrecken und mit ihrem Flügelfuß an einer drehbaren Nabe in einem Anschlussbereich zwischen einer Nabenspitze und einem Nabenende derselben befestigt sind und der Flügelfuß einen zur Nabenspitze weisenden ersten Steg und einen zum Nabenende weisenden zweiten Steg aufweist, die jeweils über das Flügelprofil vorstehen und die Nabe entsprechende, den ersten und zweiten Steg formschlüssig aufnehmende Nuten aufweist.

**[0002]** Derartige Turbinen sind einschlägig bekannt und werden beispielsweise in Wind- und Wasserkraftwerken verwendet, um bei Anströmung mit einem entsprechenden Fluidstrom über die drehbare Nabe einen Generator anzutreiben. Es wird in diesem Zusammenhang auf die DD 75 252 A1 sowie veröffentlichte GB 2526302 A verwiesen.

**[0003]** Insbesondere bei Gezeitenkraftwerken mit horizontaler Drehachse, die im Aufbau heutigen Windkraftanlagen sehr ähnlich sind, stellt sich das Problem einer geeigneten Befestigung der Flügel an der Nabe. Die besondere Herausforderung liegt insbesondere in der Materialpaarung, da die Flügel üblicherweise aus Faserverbundwerkstoffen und die Nabe aus Metall, insbesondere Stahl hergestellt sind und sehr hohe Kräfte und Momente am Flügelfuß wirken.

**[0004]** Eine Möglichkeit der Verbindung sind Stahlflansche, bei denen der Flügelfuß zwischen einem inneren und äußeren Flansch eingeklemmt und die beiden Flansche miteinander verschraubt werden. Verbindungen dieser Bauart sind jedoch mit dem Nachteil eines extrem hohen Gewichts und hohen Herstellungskosten verbunden.

**[0005]** Eine weitere Möglichkeit zur Anbindung der Flügel an die Nabe ist durch Ausgestaltung eines so genannten Querbolzenanschlusses gegeben, der in abgewandelter Form auch bei Möbelbauteilen Anwendung findet. Auch hier ist jedoch die Fertigung sehr aufwendig und insbesondere mit Fräsarbeiten verbunden, was verbesserungswürdig erscheint.

**[0006]** Ergänzend wird zum Stand der Technik auch auf die DE 10 2006 014 742 A1 verwiesen, bei der der Flügelfuß durch eine Vielzahl von quer zur Längsachse des Flügels verlaufende Querbohrungen im Bereich des Flügelfußes an einer speziell ausgebildeten Halterung der Nabe befestigt werden. Auch dies ist äußerst aufwendig.

**[0007]** Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Turbine der eingangs genannten Art vorzustellen, die

sich besonders rationell fertigen lässt und höchste Festigkeiten der Verbindung zwischen Flügel und Nabe gewährleistet.

**[0008]** Zur Lösung der gestellten Aufgabe wird erfindungsgemäß die Ausgestaltung einer Turbine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 vorgeschlagen.

**[0009]** Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0010]** Die Erfindung schlägt vor, dass der Anschlussbereich der Nabe im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet wird und der Flügelfuß eine hierzu korrespondierend ausgebildete zylindersegmentartige Anschlussfläche aufweist, mit welcher er mit dem zylindrischen Anschlussbereich in Verbindung steht.

**[0011]** Insoweit werden die Flügel der erfindungsgemäßen Turbine in passgenau gefertigte Nuten an der Nabe eingeschoben und dort verspannt. Durch entsprechende bauliche und nachfolgend noch näher erläuterte Maßnahmen wird der Flügel komplett an die Nabe angebunden und lässt sich äußerst schnell und wiederholgenau montieren, wobei nur geringkomplexe Teile zum Einsatz kommen, die rationell und mit verringertem Aufwand hergestellt werden können.

**[0012]** Die Anschlussflächen aller an der Nabe befestigten Flügel sind vorteilhaft so ausgebildet, dass sie gemeinsam den zylindrischen Anschlußbereich nach Art eines Mantelrohrabschnittes einhüllen. Die entsprechenden Stege ergänzen sich in diesem Falle zu einem von den Stegen gebildeten segmentierten Ring, der in einer entsprechend ringförmig ausgebildeten Nut der Nabe formschlüssig aufgenommen wird.

**[0013]** Nach einem weiteren Vorschlag der Erfindung wird im Bereich der Nabenspitze ein Spannring befestigt, der die Nabe unter Ausbildung einer der Nuten übergreift. Es ist somit möglich, zunächst die Flügel auf den Anschlussbereich der Nabe aufzusetzen und den zweiten Steg in die entsprechende Nut am Nabenende einzuschieben und anschließend im Bereich der Nabenspitze den Spannring anzubringen, welcher sodann unter Ausbildung der gegenüberliegenden Nut auch den im Bereich der Nabenspitze angeordneten ersten Steg formschlüssig aufnimmt und durch Aufbringen entsprechender Spannkraft formschlüssig einspannt. Die auftretenden Kräfte, resultierend aus dem Biegemoment der Flügel bei Betrieb der erfindungsgemäßen Turbine können von daher optimal aufgenommen und als Tangentialkraft auf die Nabe verteilt werden.

**[0014]** Nach einem weiteren Vorschlag der Erfindung sind die Nuten mit Einführschrägen ausgebil-

det, was ein vollflächiges Anliegen der Stege sowohl auf dem Innendurchmesser als auch auf dem Außendurchmesser der Nuten gewährleistet.

**[0015]** Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass zwischen Flügelfuß und Nabe eine Passfeder vorgesehen ist, die z. B. in entsprechende Längsnuten in der Nabe und dem Flügelfuß eingelegt ist, um auftretende Biegemomente abzufangen.

**[0016]** Überdies ergeben sich durch die spezielle Ausgestaltung des Flügelfußes mit den vorstehenden Stegen vorteilhafte Hebelverhältnisse, die den angreifenden Kräften und Momenten am Flügel wirksam entgegenwirken.

**[0017]** Nach einem weiteren Vorschlag der Erfindung ist der Flügelfuß bevorzugt symmetrisch ausgebildet, was es ermöglicht, die erfindungsgemäße Turbine unter Verwendung gleichbleibender Flügel sowohl als vorderseitig angeströmte Turbine als auch für einen Leeläufer (downstream turbine) zu verwenden, da es in diesem Falle lediglich notwendig ist, die Flügel in der entgegengesetzten Orientierung an der Nabe zu befestigen, d. h. die Zuordnung der vorstehenden Stege und der entsprechenden Nuten wird umgekehrt.

**[0018]** Zur Einsparung überschüssigen Gewichts ist es überdies möglich, die Nabe im Anschlussbereich mit einer Aussparung auszubilden.

**[0019]** Weitere Ausgestaltungen und Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung erläutert. Es zeigen:

**[0020]** Fig. 1 die Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Turbine;

**[0021]** Fig. 2 einen Schnitt durch die Nabe der Turbine gem. Fig. 1;

**[0022]** Fig. 3 die Einzelheit X in Fig. 2 in vergrößerter Darstellung;

**[0023]** Fig. 4 in schematisierter Darstellung die an einer Turbine angreifenden Kräfte und Momente.

**[0024]** Die nachfolgend erläuterte Turbine ist beispielsweise zum Einsatz bei Gezeitenkraftwerken geeignet, ein solches Gezeitenkraftwerk ist schematisch in der Fig. 4 dargestellt und mit Bezugszeichen **100** gekennzeichnet. Es besteht aus einem nicht näher dargestellten Generator **6**, der über eine drehbare Nabe **2** mit mehreren daran befestigten Flügeln **1** von einem strömenden Fluid, beispielsweise einem durch Gezeiten bedingten Wasserstrom angetrieben wird.

**[0025]** An der Verbindungsstelle jedes einzelnen Flügels **1** zur Nabe **2** müssen Schubkräfte  $F_{XB}$  und die daraus resultierenden sehr hohen Biegemomente  $M_{YB}$  in die Nabe **2** übertragen werden. Zudem muss das Biegemoment  $M_{XB}$  übertragen werden, welches auf der Turbinenwelle das energieübertragende Drehmoment für den Generator **6** erzeugt. Damit in Verbindung steht auch eine Querkraft  $F_{YB}$ . Nachrangig existieren noch Normalkräfte in Längsrichtung  $F_{ZB}$ , die aus den Massenkräften des Flügels **1** resultieren, sowie das Spindelmoment  $M_{ZB}$ , welches aus der hydrodynamischen Anströmung des Gezeitenkraftwerks **100** resultiert.

**[0026]** Um diese Kräfte und Momente möglichst optimal bei einer fertigungstechnisch vorteilhaften Gestaltung aufnehmen zu können, wird eine Turbine des aus den Fig. 1 bis Fig. 3 näher ersichtlichen Aufbaus verwendet.

**[0027]** Die einzelnen Flügel **1** weisen in an sich bekannter Weise einen Flügelfuß **10** sowie eine Flügelspitze **12** auf, zwischen denen sich ein Flügelprofil **11** erstreckt. Im Bereich des Flügelfußes **10** sind sämtliche Flügel **1** mit der Nabe **2** verbunden, wozu diese einen Anschlussbereich **22** aufweist, der in Längsachsenrichtung der Turbine vorder- bzw. anströmseitig von einer Nabenspitze **20** und rückwärtig von einem Nabenende **21** begrenzt wird.

**[0028]** Wie insbesondere aus der Schnittdarstellung in der Fig. 2 ersichtlich, erweitert sich der Flügelfuß **10** eines jeden Flügels unter Ausbildung eines ersten vorderen Steges **13** bzw. eines zweiten rückwärtigen Steges **14** über das Flügelprofil hinaus. Dabei weist der erste Steg **13** in Richtung der Nabenspitze **20** und der zweite Steg **14** in Richtung des Nabenendes **21**.

**[0029]** Die Nabe **2** ist in dem von Nabenspitze **20** und Nabenende **21** begrenzten Anschlussbereich **22** als Hohlzylinder ausgebildet, wobei die Flügelfüße **10** unter Einschluss der ersten und zweiten Stege **13**, **14** eine entsprechend zylindersegmentartige Anschlussfläche **15** ausbilden, mit welcher sie auf dem zylindrischen Anschlussbereich **22** der Nabe **2** aufliegen. Zur weiteren Gewichtsersparnis kann die Nabe **2** in dem von jeder zylindersegmentartigen Anschlussfläche **15** der Flügelfüße **10** überspannten Bereich eine Ausnehmung **25** aufweisen, die vollständig vom Flügelfuß **10** überdeckt wird.

**[0030]** Die Anschlussflächen **15** aller an der Nabe **2** befestigten Flügel **1** sind so dimensioniert, dass sie gemeinsam den zylindrischen Anschlussbereich **22** nach Art eines Mantelrohrabschnittes einhüllen. Die Stege **13**, **14** bilden somit jeweils einen segmentierten Ring um den zylindrischen Anschlussbereich **22**.

**[0031]** Im Bereich des Nabenendes **21** ist entsprechend eine den zweiten Steg **14** des Flügelfußes **10** aufnehmende Nut **24** ausgebildet. Diese wird von einem etwa L-förmig über den zylindrischen Anschlussbereich **22** überstehenden Steg **240** der Nabe **2** gebildet und weist eine Einführschräge **241** für den aufzunehmenden Steg **14** auf. Entsprechend der ringförmigen Gestalt des zweiten Steges **14** ist auch die Nut **24** ringförmig ausgebildet.

**[0032]** Der Flügelfuß **10** ist so auf dem zylindrischen Anschlussbereich **22** der Nabe **2** aufgesetzt, dass der Steg **14** mit seinem freien Ende formschlüssig in der Nut **24** aufgenommen ist, wobei die Einführschräge **241** sicherstellt, dass ein vollflächiges Anliegen des Steges **14** sowohl am Innendurchmesser der Nut **24**, die vom zylindrischen Anschlussbereich **22** gebildet wird, als auch am Außendurchmesser der Nut **24**, der vom L-förmigen Steg **240** gebildet wird, gewährleistet ist.

**[0033]** Auf der gegenüberliegenden Seite im Bereich der Nabenspitze **20** kommt der erste ebenfalls ringförmige Steg **13** zum Liegen. Mittels Spannschrauben **32** unter Zwischenlage eines Distanzringes **5** ist ein Spannring **3** in den zylindrischen Anschlussbereich **22** stirnseitig eingeschraubt, so dass der Spannring **3** mit einem übergreifenden Steg **30** den zylindrischen Anschlussbereich **22** der Nabe **2** im Bereich der Nabenspitze **20** übergreift und gemeinsam mit dem zylindrischen Anschlussbereich **22** eine ringförmige Nut **23** ausbildet und den Steg **13** formschlüssig aufnimmt.

**[0034]** Auch der übergreifende Steg **30** weist eine Einführschräge **31** auf, so dass der Steg **13** sowohl am Innendurchmesser als auch am Außendurchmesser, bestimmt durch den zylindrischen Anschlussbereich **22** und den übergreifenden Steg **30** vollflächig anliegt. Durch Variation des Anzugsmomentes der Spannschrauben **32** kann insoweit eine vollständige formschlüssige Anbindung der Flügel **1** im Bereich ihrer Flügelfüße **10** an die Nabe **2** gewährleistet werden.

**[0035]** Schließlich wird zum stirnseitigen Verschluss der Nabe **2** und des darauf angebrachten Spannringes **3** noch ein Deckel **4** angebracht, beispielsweise mit dem Spannring **3** in nicht näher dargestellter Weise verschraubt.

**[0036]** Zwischen dem Flügelfuß **10** und dem zylindrischen Anschlussbereich **22** der Nabe kann überdies in hier nicht dargestellter Weise auch noch eine Passfeder in entsprechenden Längsnuten vorgesehen sein, um eine formschlüssige Welle-Nabe-Verbindung zur Aufnahme der auftretenden Momente und Kräfte zu gewährleisten.

**[0037]** Wesentliche Vorteile der vorangehend beschriebenen Befestigung der Flügel **1** an der Nabe **2** sind, dass die bisher unvermeidliche aufwendige Fräsbearbeitung am Flügelfuß zur Aufnahme von Verbindungsmitteln, wie Querbolzen vollständig entfallen kann und die Wandstärke des Flügels deutlich geringer ausfallen kann, als es z. B. bei der bisher üblichen Querbolzenanbindung der Fall war. Bisher musste auf die erwartete Flächenpressung unter dem Querbolzen Rücksicht genommen werden und eine entsprechende Wandstärke des Flügels vorgesehen werden, was erhöhten Materialaufwand und auch Zeitaufwand bei der Herstellung des Flügels mit sich brachte, da derartige Flügel nur in zwei Schritten laminiert werden konnten.

**[0038]** Durch die erhebliche verbesserte Verteilung der auftretenden Lasten kann insgesamt mit weniger Materialaufwand gearbeitet werden und der Montageaufwand verkürzt sich auf ein Minimum. Auch im Falle des verschleißbedingten Austausches einzelner Flügel ist eine schnelle Demontage und erneute Montage der Flügel an der Nabe gewährleistet.

**[0039]** Überdies besteht die Möglichkeit, den Flügelfuß in seiner Höhe im Wesentlichen auf die Höhe der Stege **13**, **14** zu begrenzen, so dass die Kontur des Flügelprofils **11**, welche für die Energieaufnahme verantwortlich ist, kontinuierlich in den Flügelfuß übergehen kann und sich die Verluste auf den inneren Radienschnitten reduzieren, was zu einem deutlich verbesserten hydrodynamischen Wirkungsgrad führt.

**[0040]** Durch die Fortführung des Flügelprofils bis an die Nabe lassen sich außerdem längere aber schlankere Konstruktionen erzielen als mit den bisherigen Flanschen. Diese vergrößerte Länge bringt den Vorteil mit sich, dass die Haltekraft, die dem Biegemoment  $M_{VB}$  entgegenwirkt, weiter verringert werden kann.

**[0041]** Überdies ist insbesondere aus der Darstellung gemäß **Fig. 2** ersichtlich, dass die einzelnen Flügel **1** einen symmetrischen Aufbau insbesondere im Bereich des Flügelfußes **10** aufweisen, so dass der gleiche Flügel, abweichend von der Darstellung in den Figuren, auch für Leeläufer (Downstreamturbine) verwendet werden kann, indem der Flügel lediglich in umgekehrter Orientierung montiert wird, d. h. der Steg **13** wird in die Nut **24** und umgekehrt der Steg **14** in die Nut **23** eingebracht.

**[0042]** Es versteht sich, dass die Anzahl der an der Nabe festlegbaren Flügel nicht auf die im Ausführungsbeispiel gezeigte Variante mit drei Flügeln **1** beschränkt ist, sondern es können auch größere und kleinere Anzahlen von Flügeln **1** vorgesehen werden.

**[0043]** Ebenso ist eine solche Flügel-Naben-Verbindung auch außerhalb von Gezeitenkraftwerken z. B.

in Windkraftwerken und dergleichen mehr anwendbar.

### Patentansprüche

1. Turbine mit mehreren Flügeln (1), die sich jeweils von einem Flügelfuß (10) über ein Flügelprofil (11) bis zu einer Flügelspitze (12) erstrecken und mit ihrem Flügelfuß (10) an einer drehbaren Nabe (2) in einem Anschlussbereich (22) zwischen einer Nabenspitze (20) und einem Nabenende (21) derselben befestigt sind, wobei der Flügelfuß (10) einen zur Nabenspitze (20) weisenden ersten Steg (13) und einen zum Nabenende (21) weisenden zweiten Steg (14) aufweist, die jeweils über das Flügelprofil (11) vorstehen und die Nabe (2) entsprechende, den ersten und zweiten Steg (13, 14) formschlüssig aufnehmende Nuten (23, 24) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anschlußbereich (22) im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet ist und der Flügelfuß (10) eine hierzu korrespondierend ausgebildete zylindersegmentartige Anschlussfläche (15) aufweist.

2. Turbine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anschlussflächen (15) aller an der Nabe (2) befestigten Flügel (1) gemeinsam den zylindrischen Anschlußbereich (22) nach Art eines Mantelrohrabschnittes einhüllen und die Stege (13, 14) gemeinsam einen segmentierten Ring ausbilden.

3. Turbine nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Bereich der Nabenspitze (20) ein Spannring (3) befestigt ist, der die Nabe (2) unter Ausbildung einer der Nuten (23) übergreift.

4. Turbine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nuten (23, 24) mit Einführschrägen (241, 31) ausgebildet sind.

5. Turbine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen Flügelfuß (10) und Nabe (2) eine Passfeder vorgesehen ist.

6. Turbine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Flügelfuß (10) symmetrisch ausgebildet ist.

7. Turbine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nabe (2) im Anschlussbereich (22) eine Aussparung (25) aufweist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

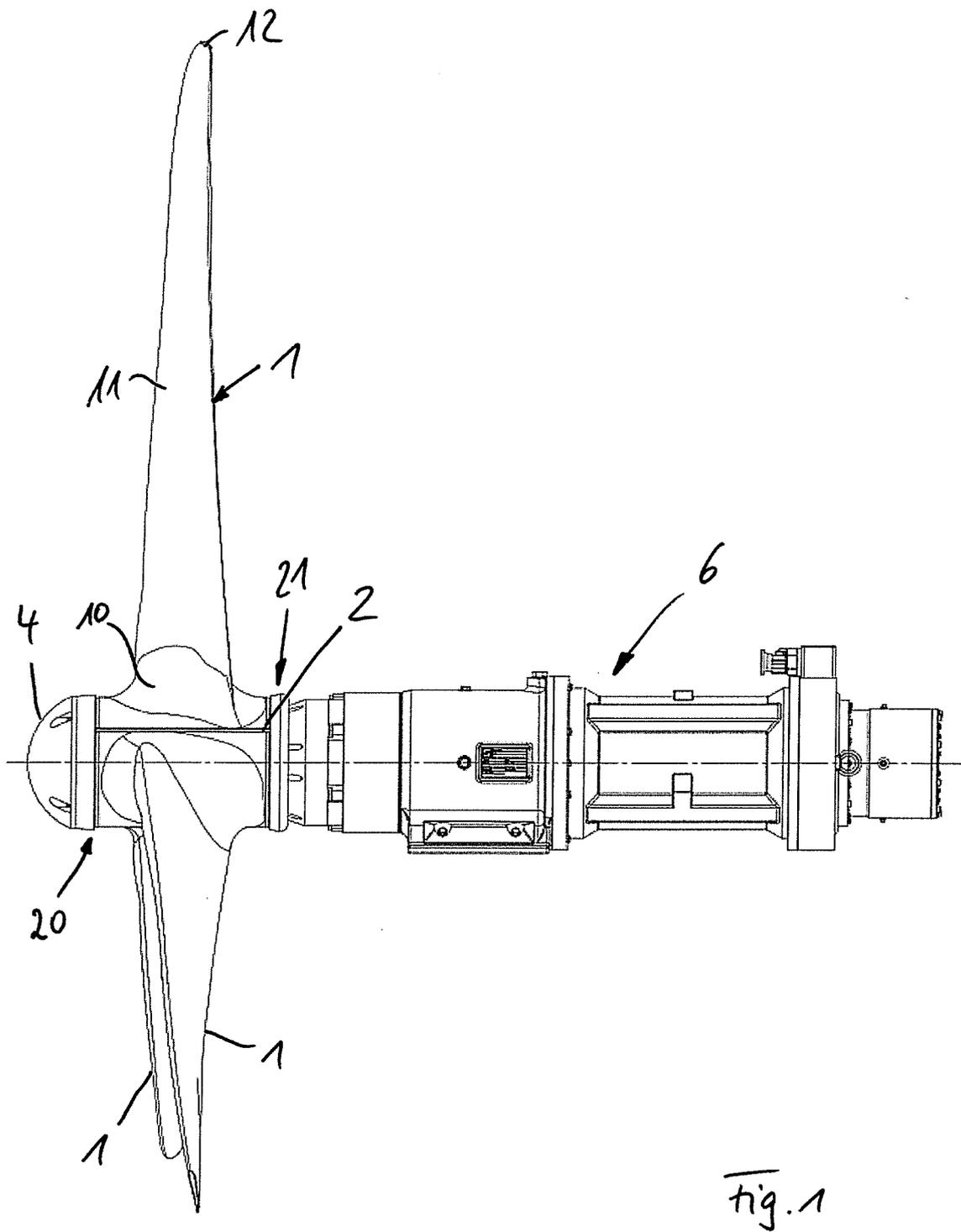


fig. 1

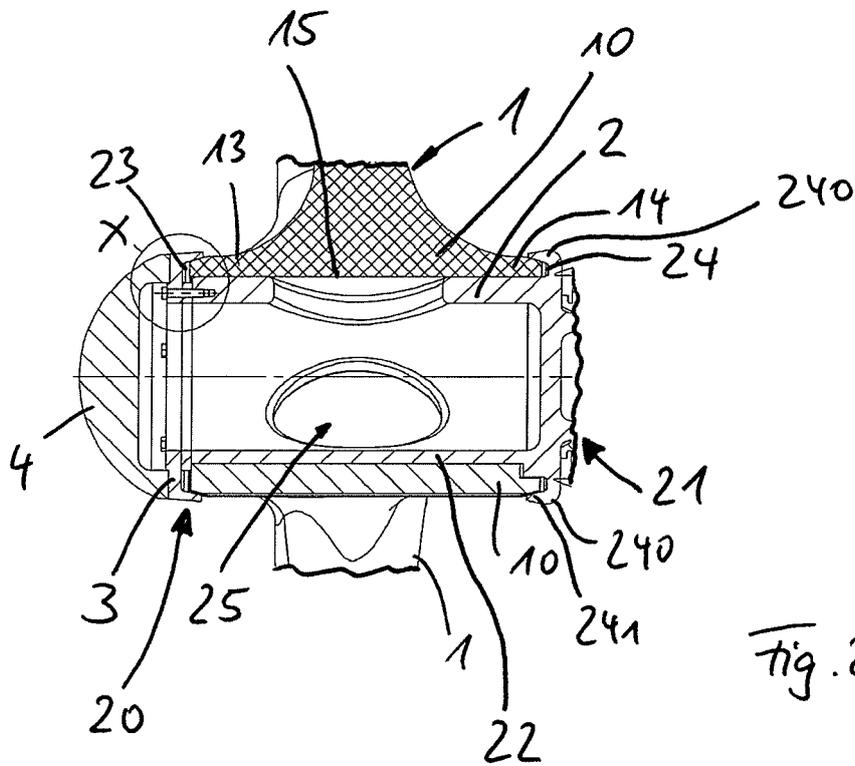


Fig. 2

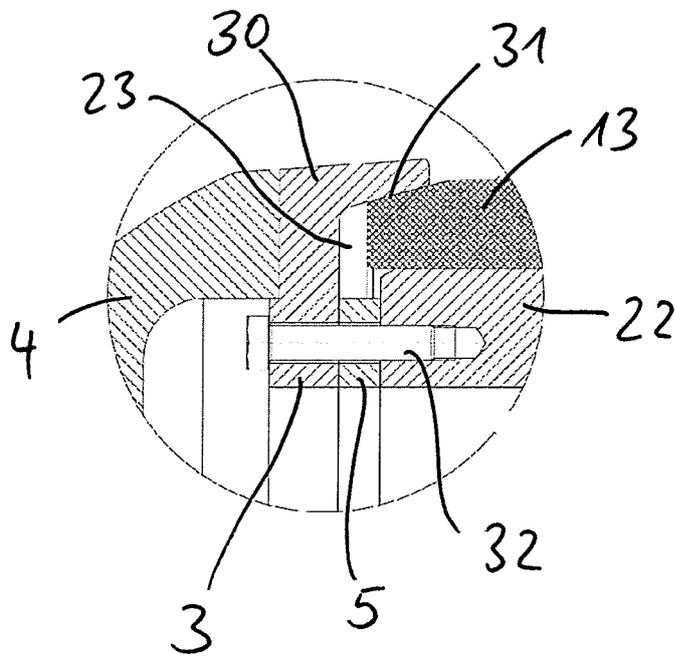


Fig. 3

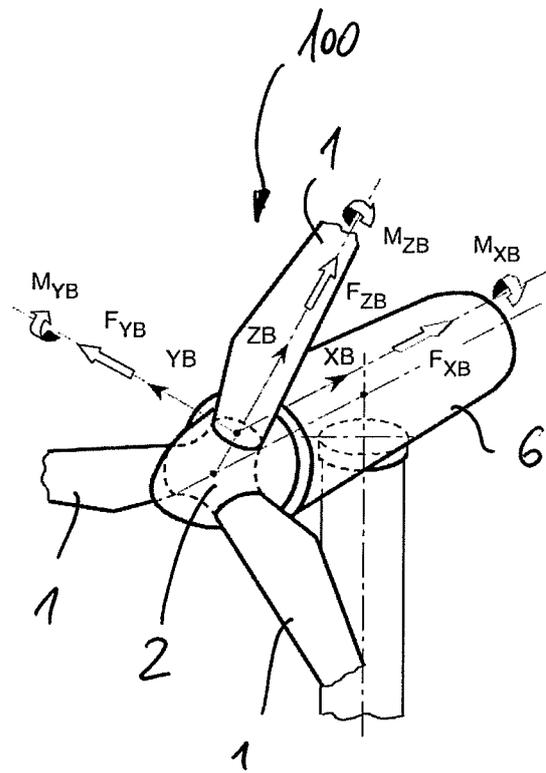


Fig. 4