



(10) **DE 10 2012 211 566 A1** 2014.01.09

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 211 566.8**

(22) Anmeldetag: **03.07.2012**

(43) Offenlegungstag: **09.01.2014**

(51) Int Cl.: **G01M 13/00 (2012.01)**

G01M 13/04 (2012.01)

(71) Anmelder:
Wobben Properties GmbH, 26605, Aurich, DE

(74) Vertreter:
Eisenführ, Speiser & Partner, 10178, Berlin, DE

(72) Erfinder:
**Jepsen, Torsten, 26603, Aurich, DE; Kelling, Ralf,
26556, Eversmeer, DE**

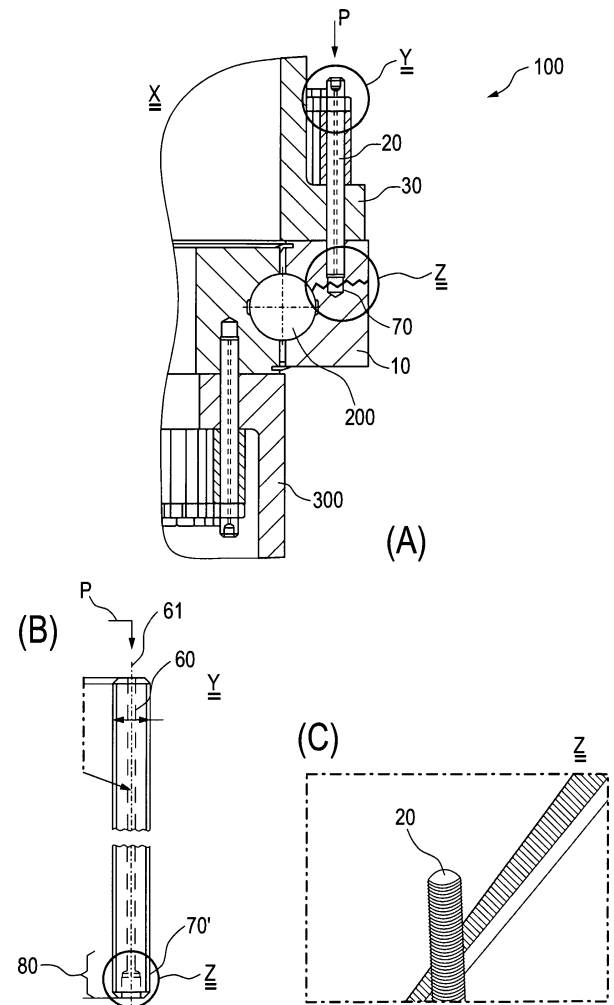
(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Überwachte Bauteilverbindung, Windenergieanlage, Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf ein ungewolltes Lösen der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine überwachte Bauteilverbindung mit einem ersten, ein Halteteil bildendes, Bauteil, einem zweiten, ein Aufnahmeteil bildendes, Bauteil, einem Verbindungsteil, welches das zweite Bauteil an dem ersten Bauteil im verbundenen Zustand hält, wobei das Verbindungsteil in eine Verbindungsaufnahme des Aufnahmeteils eingreift. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, dass zum Überwachen auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand die Verbindungsaufnahme mit einem Prüfdruck beaufschlagbar ist, und der Prüfdruck auf eine Fehlerabweichung überwachbar ist, die ausreichend ist, eine Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand anzuzeigen.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	197 55 000	C1
DE	203 16 544	U1
US	7 698 949	B2
US	8 100 660	B2
US	2009 / 0 113 994	A1
US	2011 / 0 091 321	A1
US	6 059 500	A
US	3 820 381	A
US	4 806 913	A
US	4 776 206	A
US	4 447 388	A

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine überwachte Bauteilverbindung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Windenergieanlage. Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand.

[0002] Es ist grundsätzlich bekannt, besonderen Belastungen ausgesetzte Bauteile oder Bauteilverbindungen gesonderten Prüfungen und Tests zu unterziehen nachdem diese ausgebaut wurden. Sollte das Bauteil oder die Bauteilverbindung funktionstüchtig sein, wird diese nach einem solchen Test oder Prüfung wieder in eine Anlage oder andere technische Einrichtung eingebaut. Diese Herangehensweise eignet sich weniger für technische Einrichtungen oder Anlagen, bei denen ein Ausbau eines Bauteils bzw. einer Bauteilverbindung nicht nur mit hohen Kosten verbunden wäre, sondern darüberhinaus bereits technisch aufwendig bzw. gegebenenfalls sogar nachteilig für den Betrieb der technischen Einrichtung oder Anlage. Dies gilt insbesondere für drehende Bauteile oder Lagerbauteile für drehende Teile; insbesondere bei einem Lagerbauteil ist davon auszugehen, dass sich dieses im Betrieb eingespielt hat und ein Ausbau und ein anschließender neuerlicher Einbau eher nachteilig für den weiteren Betrieb der Einrichtung oder Anlage sein könnte.

[0003] Wünschenswert ist eine in situ überwachte Bauteilverbindung bzw. ein Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand; insbesondere derart, dass die Überwachung während des Betriebs der Anlage, in welcher das Bauteil verbaut ist, möglich ist.

[0004] An dieser Stelle setzt die Erfindung ein, deren Aufgabe es ist, eine überwachte Bauteilverbindung, eine Windenergieanlage und ein Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand anzugeben, die besonders vorteilhaft realisierbar ist. Insbesondere soll die Bauteilverbindung, Windenergieanlage bzw. das Verfahren vorhandene Gegebenheiten bei einer Anlage, insbesondere Windenergieanlage, nutzen und dennoch eine vorteilhafte Realisierung ermöglichen. Weitere Aufgabe der Erfindung ist es, die Bauteilverbindung, Windenergieanlage und das Verfahren zur Überwachung möglichst einfach und dennoch verlässlich zu realisieren.

[0005] Die Aufgabe betreffend die Bauteilverbindung wird durch die Erfindung mittels einer überwachten Bauteilverbindung des Anspruchs 1 gelöst. Die Erfindung führt auch auf eine Windenergieanlage

des Anspruchs 9 und ein Prüfnetz des Anspruchs 25. Die Aufgabe betreffend das Verfahren wird durch die Erfindung mit einem Verfahren des Anspruchs 11 gelöst. Das Konzept der Erfindung führt in einer das gleiche Prinzip verfolgenden Variante allgemein auch auf ein Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung des Anspruchs 19.

[0006] Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass eine Bauteilverbindung wie sie für ein Überwachungsverfahren der genannten Art in Frage kommt aus einem ersten, ein Halteteil bildendem Bauteil und einem zweiten, ein Aufnahmeteil bildendem Bauteil und einem Verbindungsteil gebildet ist, welches das zweite Bauteil an dem ersten Bauteil im verbundenen Zustand hält. Die Erfindung hat erkannt, dass eine Verbindungsaufnahme des Aufnahmeteils, in welche das Verbindungsteil eingreift gemäß dem Konzept der Erfindung vorteilhaft genutzt werden kann, zum Überwachen auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenem Zustand. Die Erfindung hat erkannt, dass sich die Verbindungsaufnahme mit einem Prüfdruck beaufschlagen lässt und der Prüfdruck auf eine Fehlerabweichung überwachbar ist, die ausreichend ist, eine Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand anzuzeigen.

[0007] Mit besonderem Vorteil nutzt die Erfindung die Verbindungsaufnahme in synergetischer Weise nicht nur zur Verbindung des ersten und zweiten Bauteils, sondern im Rahmen der Überwachung zur Beaufschlagung mit einem Prüfdruck. Dieses Konzept hat zudem den Vorteil, dass eine Prüfdrucküberwachung praktisch vom gleichen Zugang zur Verbindungsaufnahme realisiert werden kann, wie eine Beaufschlagung mit Prüfdruck. Mit anderen Worten ist das Konzept der Erfindung damit vergleichsweise einfach realisierbar, da weitere Sensoren oder Prüfmerkmale am Bauteil selbst nicht erforderlich sind; zudem werden vorhandene Gegebenheiten bei einer Bauteilverbindung zur Überwachung und Prüfung genutzt ohne die Bauteilverbindung einzuschränken oder deutlich zu schwächen.

[0008] Das Konzept der Erfindung erweist sich als besonders wirksam bei einer Windenergieanlage hinsichtlich der Überwachung einer Bauteilverbindung zwischen Rotor und Nabe, insbesondere zwischen einem Blattflansch und einem Blattflanschlager. Es zeigt sich, dass in diesem Fall ein Ausbau zur Prüfung eines Blattflansches und/oder Blattflanschlagers und/oder eines Verbindungsteils nur mit grossem Aufwand in Frage käme.

[0009] Vorteilhafter Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen und geben einzelne vorteilhafte Möglichkeiten an, das erläuterte Konzept im Rahmen der Aufgabenstellung sowie hinsichtlich weiterer Vorteile zu realisieren.

[0010] Insbesondere hat sich im Rahmen des Konzepts eine Weiterbildung als vorteilhaft erwiesen, in der eine Rissüberwachung von Bauteilverschraubungen in Verbindung mit Sacklochverschraubungen erfolgt. Dies betrifft insbesondere Kugeldrehverbindungen oder Rollendrehverbindungen oder dergleichen Lager betreffende Bauteilverbindungen oder deren Verbindungsteile, nämlich Schrauben, Bolzen oder Schraubstangen oder dergleichen. Unter Riss ist insbesondere eine Rissöffnung bzw. ein klaffender Riss oder dergleichen Strukturöffnungen zu verstehen, die in der Tat die Funktion des Bauteils in Frage stellen können. Insofern erweist sich die Überwachungsfunktion der überwachten Bauteilverbindung bzw. das Verfahren zur Überwachung als Sicherheitsmaßnahme wesentlich, um schwerere Schäden, gegebenenfalls sogar eine Zerstörung einer technischen Vorrichtung oder Anlage mit der überwachten Bauteilverbindung, zu vermeiden.

[0011] Es hat sich gezeigt, dass im Rahmen einer Weiterbildung die Detektion von Ermüdungsrissen insbesondere in einem Sacklochbereich eines verschraubten Bauteils oder der Schraube selbst besonders bewährt, um größere Schäden einer technischen Vorrichtung oder Anlage zu vermeiden. Insbesondere sollen die vorgenannten Maßnahmen des Konzepts der Erfindung bzw. einer der Weiterbildungen vor einem Komplettausfall einer Anlage oder technischen Vorrichtung festgestellt werden.

[0012] Besonders bevorzugt ist eine Druckbeaufschlagung, insbesondere per Überdruck oder Unterdruck, eines Gewindefacklochs. Im Ergebnis würden Risse, klaffende Risse oder andere Schadöffnungen dazu Leckagen führen, die sich durch eine Drucküberwachung detektieren lassen. Insofern ist unter einer Fehlerabweichung zum Prüfdruck jede Abweichung von einem definierten Druck zu verstehen, die ausreichend ist, eine Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand anzuzeigen. Unter einer Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung ist grundsätzlich jede, die Bauteilverbindung lösende, öffnende bzw. teilweise lockernde Risspalt oder Öffnungsbildung zu verstehen.

[0013] Insbesondere kann im Rahmen des Überwachungsverfahrens eine zyklische Druckbeaufschlagung, z. B. täglich einmal, erfolgen, um eine praktisch ständige Überwachung mit regelmäßigen Überwachungszyklen zu ermöglichen.

[0014] Insbesondere kann eine Druckzuführung seitlich durch geringer belastete Umgebungsbauteile oder zentral durch hohl gebohrte Verbindungsteile oder das Verbindungsteil wie ein Schraubengewindebolzen oder dergleichen erfolgen.

[0015] Im Rahmen einer Weiterbildung sind eine oder mehrere Dichtungen oder Abdichtungen vor-

gesehen, um die Verbindungsaufnahme abzudichten, derart dass nur eine fehlerverursachte Leckage zu einer Prüfdruckbeeinträchtigung führen kann. Die Verbindungsaufnahme ist einer von einigen Bereichen besonders hoher Belastung oder Gefährdung welche allgemein vorteilhaft einem Prüfdruck ausgesetzt werden können; insbesondere damit überwachbar sind unter gegebenenfalls Feststellung einer Fehlerabweichung. Beispielsweise kann dazu eine Schraubverbindung, insbesondere ein Schraubbolzen oder eine Schraube an ihrem Gewindebereich in einer Verbindungsaufnahme abgedichtet sein, z. B. durch ein Dichtband oder dergleichen.

[0016] Die Bauteilüberwachung schützt im Betrieb vor Schadensfällen durch Bauteilversagen. Insbesondere im Falle einer Windenergieanlage kann beispielsweise ein Blattabriss oder dergleichen rechtzeitig verhindert werden. Erforderliche Überwachungsintervalle können gegebenenfalls verlängert oder verkürzt werden, je nach Alterungszustand einer Anlage.

[0017] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Diese sollen die Ausführungsbeispiele nicht nur notwendigerweise maßstäblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, die zur Erläuterung dient, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der aus der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf dem einschlägigen Stand der Technik verwiesen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass vielfältige Modifikationen und Änderungen betreffend die Form und das Detail einer Ausführungsform vorgenommen werden können, ohne von der allgemeinen Idee der Erfindung abzuweichen. Die in der Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Weiterbildung der Erfindung wesentlich sein. Zudem fallen in den Rahmen der Erfindung alle Kombinationen aus zumindest zwei der in der Beschreibung, der Zeichnung und/oder den Ansprüchen offenbarten Merkmale. Die allgemeine Idee der Erfindung ist nicht beschränkt auf die exakte Form oder das Detail der im folgenden gezeigten und beschriebenen bevorzugten Ausführungsform oder beschränkt auf einen Gegenstand, der eingeschränkt wäre im Vergleich zu dem in den Ansprüchen beanspruchten Gegenstand. Bei angegebenen Bemessungsbereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Nicht-Gleichgewichtswerte offenbart und beliebig einsetzbar und beanspruchbar sein. Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung; diese zeigt in:

[0018] Fig. 1 schematisch eine Windenergieanlage;

[0019] Fig. 2 ein Blattlager – vorliegend beispielhaft bei einer Windenergieanlage der Fig. 1 – in einer Draufsicht in Ansicht (B) und in einer seitlichen Schnittansicht entlang des Schnitts A-A in Ansicht (A) ;

[0020] Fig. 3 das Detail X der Fig. 2 im Schnitt mit einem Blattflansch und einem Blattflanschlager in Ansicht (A) und in Ansicht (B) ein Verbindungsmittel in Form eines Schraubbolzens mit einer Durchführung und in Ansicht (C) ein gegen das Blattflanschlager und/oder dem Blattflansch abgedichtetes Gewinde der Gewindestange;

[0021] Fig. 4 eine Variante zur Ausführungsform der Fig. 3;

[0022] Fig. 5 eine weitere Variante zur Ausführungsform der Fig. 3 oder Fig. 4;

[0023] Fig. 6 noch eine weitere Variante zu den Ausführungsformen der Fig. 3 bis Fig. 5;

[0024] Fig. 7(I) eine Schemazeichnung eines Prüf- und Überwachungssystems zur Überwachung einer Bauteilverbindung;

[0025] Fig. 7(II) eine besondere Ausführungsform des Prüf- und Überwachungssystems das bei einer überwachten Bauteilverbindung der Fig. 2 bis Fig. 6 angeschlossen werden kann;

[0026] Fig. 8 ein als Flussdiagramm dargestelltes erstes Ablaufschema (A) und eines zweiten Ablaufschema (B) eines Verfahrens zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand, insbesondere zur Detektion eines klaffenden Risses oder dergleichen schweren Strukturchwäche einer Bauteilverbindung, die das Halten der Bauteilverbindung unmittelbar gefährdet;

[0027] Fig. 9 bis Fig. 12 weitere Varianten von überwachten Bauteilverbindungen – vorliegend beispielhaft bei einer Windenergieanlage – zur Erläuterung anderer Möglichkeiten einer Überwachung der Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand.

[0028] Fig. 1 zeigt eine Windenergieanlage 1000 mit einem Turm 1, einer Gondel 2 sowie einem Rotor 3; dieser mit einer vorliegenden Anzahl von drei Rotorblättern 3.1, 3.2, 3.3. Die Rotorblätter sind über einen Spinner 4 an eine im Detail der Fig. 1 gezeigte Nabe 5 angebunden, die einen Generator 7 zur Erzeugung von elektrischem Strom antreibt. Beispielhaft ist in Detail (A) der Fig. 1 die Anbringung eines Rotorblatts 3.1 an der Nabe 5 gezeigt. Das Rotorblatt 3.1 ist über ein Blattlager 8 mit einem Nabenadapter 9

verbunden. Die Ausführung dieser Verbindung ist in den folgenden Fig. 2 bis Fig. 12 näher erläutert.

[0029] Fig. 2 zeigt dazu beispielhaft für das erste Blatt 3.1 in Ansicht (B) einen Blattflansch 30, der ein Halteteil als erstes Bauteil gemäß dem Konzept bildet. Weiter ist eine Reihe von Verbindungsteilen 20 in Form einer Vielzahl von Schrauben am Blattflansch ersichtlich. Die Verbindungsteile 20 sind in einer konzentrischen umfänglichen Reihe entlang des Blattflansches 30 angeordnet. Das Detail X in Fig. 2A ist vergrößert in Fig. 3A dargestellt und zeigt im Einzelnen das untere Ende des Blattflansches 30 als Ausbildung des ein Halteteil bildenden ersten Bauteils sowie das Verbindungsteil 20 in Form des Schraubbolzens, der den Blattflansch 30 an dem Blattflanschlager 10 hält, als Ausbildungsform des zweiten, ein Aufnahmeteil bildenden Bauteils. Die überwachte Bauteilverbindung 100 wird vorliegend durch das Blattflanschlager 10, den Schraubbolzen 20 und den Blattflansch 30 gebildet. Anhand von Fig. 3A ist ersichtlich, dass sich insbesondere in einem unteren Bereich eine Verbindungsaufnahme 40 – hier ein Sackloch – ein Riss 50 bilden kann, der zudem an sensibler Stelle des Blattflanschlagers entstehen kann wie dies im folgenden lediglich beispielhaft für die Bauteilverbindungen 100, 101...108 gezeigt ist. Die im folgenden erläuterten Maßnahmen sind dementsprechend gleichermaßen einsetzbar für andere Bauteilverbindungen, die nicht im einzelnen gezeigt sind. Vorliegend sind durchgehend für identische oder ähnliche Teile oder Teile identischer oder ähnlicher Funktion gleiche Bezugszeichen verwendet.

[0030] Dem Konzept in einer ersten Variante folgend ist das für das Detail Y der Fig. 3A in Fig. 3B und Fig. 3C näher dargestellte Verbindungsteil in Form des Schraubbolzens mit einer Durchführung 60 versehen, die sich entlang der Mittelachse 61 des Verbindungsteils 20 entlang der Gesamtlänge derselben erstreckt. Damit verbindet die Durchführung 60 den offenen Bereich des Sacklochs zu einem offenen Ende des Verbindungsteils 20. Am Grenzbereich 70' der Verbindungsaufnahme 70 – hier in Form des Sacklochs – ist das Verbindungsteil 20, wie in Fig. 3C dargestellt, mit einer Dichtung – hier einem Teflonband – abgedichtet. Vorliegend ist das Teflonband über das Gewinde des Gewindebolzens gewickelt und dichtet so in einem Dichtungsbereich 80 die Verbindungsaufnahme 70 ab. Ein über die Durchführung 60 eingebrachter Prüfdruck p verbleibt somit im unteren Bereich der Verbindungsaufnahme 70 in Form des Sacklochs und kann nur entweichen, wenn ein Riss oder dergleichen Öffnung 50 im Bereich des Sacklochs entsteht.

[0031] Das Blattflanschlager 10 ist vorliegend ein Ring, der ein Drehlager 200 trägt, das an den Nabenadapter 300 anschließt. Der Nabenadapter 300 wie-

derum verbindet zur in **Fig. 1** schematisch dargestellten Nabe **5**.

[0032] **Fig. 4** zeigt in einer Variante mit Hinweis auf die gleichen Bezugszeichen der grundsätzlich identischen oder ähnlichen Merkmale sowie Merkmale identischer oder ähnlicher Funktion eine Bauteilverbindung **101**, die wiederum mit Prüfdruck p überwacht werden kann. Dazu wird ein Prüfdruck P seitlich in einem Zwischenraum zwischen dem Verbindungsteil **20** und dem Blattflansch **30** eingebracht. Der Prüfdruck p gelangt im Grenzbereich **90** zwischen Verbindungsteil **20** und Blattflansch **30** zur Verbindungsaufnahme **70**, nämlich an dessen unteren Ende zum Sackloch. Wiederum kann aufgrund einer Fehlerabweichung eine Rissbildung **50** detektiert werden.

[0033] **Fig. 5** zeigt in einer weiteren Variante die Möglichkeit auf, dass bei einer Bauteilverbindung **102** ein Prüfdruck p direkt auf eine Schmierbohrung **91** aufbringbar ist. An einer oder an mehreren Stellen könnte über eine Schmierbohrung **91** bzw. über eine Anzahl von Schmierbohrungen ein Lagerinnenraum unter leichten Überdruck gesetzt werden. Über eine Prüfdruckerfassung des Prüfdrucks p kann ein Maß für einen Leckageluftstrom erhalten werden. Dies kann sich als vorteilhaft erweisen, da grundsätzlich die vorhandene Lagerabdichtung nur geringe Leckagen erwarten lässt.

[0034] **Fig. 6** zeigt in einer weiteren Variante einer überwachten Bauteilverbindung **103** die Möglichkeit, einen Prüfdruck p über beaufschlagte Druck- oder Saugnäpfe **92** an anfälligen Bereichen einer Bauteilverbindung, vorliegend dem Blattflanschlager **10**, anzubringen. Mit Unterdruck beaufschlagte Saugnäpfe oder auch mit Überdruck beaufschlagte Saugnäpfe **92**, die von einem Riss **50** unterwandert werden, haben eine deutlich detektierbare Leckage. Es könnte eine Reihe von Saugnäpfen über eine gemeinsame Versorgungsleitung verbunden werden. Über eine zentrale Pumpe mit Drucksensor lässt sich feststellen, ob einer der Saugnäpfe von einem Riss unterwandert ist. Eine zyklische Überwachung, zum Beispiel täglich, wäre ausreichend. Die Saugnäpfe könnten sogar an der Dichtkante festgeklebt werden, um die Grundleckage gering zu halten.

[0035] **Fig. 7** zeigt in einer Ansicht I den prinzipiellen Aufbau einer überwachten Bauteilverbindung, wobei wiederum für identische oder ähnliche Teile oder Teile identischer oder ähnlicher Funktion gleiche Bezugszeichen verwendet sind, so dass auf die vorliegende Beschreibung verwiesen ist. Zusätzlich gezeigt ist ein Prüfsystem **400** mit einer Druckleitung **410** zur Durchführung **60**. Auf der anderen Seite ist die Druckleitung **410** an einen Kompressor oder dergleichen Druckquelle **420** angeschlossen, welche die Durchführung **60** über die Druckleitung **410** je

nach Stellung eines Schaltventils **430** mit Prüfdruck beaufschlagen kann. Der Prüfdruck p kann über eine Druckmesseinrichtung **440** abgegriffen werden. Die Beaufschlagung von einer Anzahl von weiteren Druckleitungen – ähnlich wie die Druckleitung **410** – kann über einen Verteilerschalter oder dergleichen Druckschaltelement, wie beispielsweise einen Ventilverteiler oder dergleichen – hier als Verteiler **450** bezeichnet – vorgenommen werden. Auf diese Weise kann eine Anzahl von weiteren Durchführungen zusätzlich zur Durchführung **60** mit Druckluft beaufschlagt werden. Das können Verbindungsaufnahmen **71, 72** usw. bis **79** oder mehr hier nicht bezeichnete Verbindungsaufnahmen sein (z. B. zwölf Verbindungsaufnahmen), die entsprechend einer Winkelverteilung – z. B. alle 30° eine Verbindungsaufnahme – ausgedacht sind.

[0036] **Fig. 7** zeigt in Ansicht IIA bis IIC im Einzelnen Ausführungen der Komponenten der **Fig. 7I**. **Fig. 7II(A)** zeigt eine Pumpe **421** zur Bildung einer Druckquelle sowie ein Barometer **441** zur Bildung eines Druckmessinstruments **440**. Über ein Schaltventil **441** lässt sich ein Leitungssystem **411** mit Druckluft beaufschlagen. Das Leitungssystem **411** ist in **Fig. 7II(B)** näher dargestellt und verbindet jedes zehnte Verbindungsteil **20** in Form einer Schraube zur Beaufschlagung je an einer Durchführung **60** und einer Verbindungsaufnahme **70** mit Druckluft. Die Anschlussstellen in Form von T-Stücken **60.1** oder Endstücken **60.2** zu den angeschlossenen Schraubbolzen **21, 22, 23** sind in **Fig. 7II(B)** und **Fig. 7II(C)** beispielhaft gezeigt.

[0037] **Fig. 8** zeigt in Ansicht A eine erste bevorzugte Ausführungsform eines Verfahrens zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand. Dazu wird in einem ersten Schritt SA1 ein Druckprüfsystem **400** an die Bauteilverbindung – beispielsweise eine Bauteilverbindung **100, 101–103** der zuvor beschriebenen Figuren – angeschlossen. In einem weiteren Schritt SA2 wird das System entlüftet und in einem dritten Schritt SA3 wird durch Betrieb einer Druckquelle wie beispielsweise einer Pumpe **421** eine Verbindungsaufnahme **70** der Bauteilverbindung **100, 101–103** mit Prüfdruck p beaufschlagt. In einem vierten Schritt SA4 wird ein Zähler, insbesondere hier ein Zeitzähler gestartet, nach Ablauf einer Messzeit t wird ein Druck P' gemessen. Sollte der Druck P' nach der Zeit t vom Prüfdruck p um eine signifikante Fehlerabweichung abweichen, die ausreichend ist, eine Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand anzuzeigen, dann wird davon ausgegangen, dass die Bauteilverbindung im verbundenen Zustand einen erheblichen Defekt aufweist, d. h. einen klaffenden Riss aufweist oder sich inakzeptabel gelöst hat. Eine signifikante Fehlerabweichung liegt beispielsweise vor, wenn ein abgegriffener Druck p vom Prüfdruck p (Überdruck)

des Schrittes SA3 im Schritt SA6 um einen Wert abweicht, der größer als ΔP ist (z. B. um mehr als ΔP unter dem Prüfdruck liegt) oder wenn der abgegriffene Druck p' unter einem Schwelldruck von P_0 liegt. In dem Fall kann in einem siebten Schritt SA7 beispielsweise über ein Funksignal oder eine feste Datenverbindung ein Alarm oder ein sonstiges Prüfsignal gegeben werden. In diesem Fall kann das Verfahren bevorzugt an einer Windenergieanlage **1000** der **Fig. 1** umgesetzt werden, so dass an zentraler Stelle eine Fehlerüberwachung der Windenergieanlagen bzw. in einer Vielzahl von Windenergieanlagen **1000** erfolgen kann. Dazu eignet sich Prüfnetz mit einer Vielzahl von überwachten Bauteilverbindungen **100**, **101**, **102**, **103**, insbesondere einer Vielzahl von Windenergieanlagen **1000** und mit einer zentralen Prüfstelle, die zum Empfang eines Prüfsignals ausgebildet ist, insbesondere zum drahtlosen Empfang eines Prüfsignals von einem Prüf- und Überwachungssystem der **Fig. 7** zur überwachten Bauteilverbindung.

[0038] In **Fig. 8B** ist eine Abwandlung des Überwachungsverfahrens beschrieben, welches in einem ersten Schritt SB1 ein Prüfdrucksystem **400** an eine Bauteilverbindung **100**, **101–103** der **Fig. 2** bis **Fig. 7** anschließt. In einem zweiten Schritt S62 wird das Prüfdrucksystem **400** sowie die Bauteilverbindung **100**, **101–103**, h. die Verbindungsaufnahme **70** und die Durchführung **60** entlüftet. In einem dritten Schritt SB3 wird das System und die Verbindungsaufnahme **70** mit einem Prüfdruck p beaufschlagt. In einem Schritt SB4 wird als Funktion der Zeit t der Verlauf des abgegriffenen Prüfdrucks p' – d. h. eine Funktion $p(t)$ – aufgenommen. Natürlich kann in einer Abwandlung auch der Prüfdruck p auf einen Wert p gehalten werden und dann gemessen werden, ob ein signifikanter Volumenstrom V oberhalb eines Schwellstroms V_0 bei der Druckquelle aufgewendet werden muss, um den Druck p auf p_0 aufrechtzuerhalten. In einem Schritt SB5 wird beispielsweise festgestellt, ob im ersten Fall der Druckabfall $\text{GRAD}(p)$ oberhalb eines erlaubten Druckgradienten $\text{GRAD}_0(p)$ liegt. Im zweiten Fall kann geprüft werden, ob der aufzuwendende Volumenstrom V oberhalb eines Schwellstroms V_0 liegt, um eine bestimmte Druckamplitude p_0 aufrecht zu erhalten. Ist dies der Fall, kann in einem sechsten Schritt SA6 auf eine Fehlerabweichung erkannt werden, die ausreichend ist, eine Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand anzuzeigen. In dem Fall kann wiederum eine Zentrale oder dergleichen über eine Fehlfunktion bzw. eine Verbindungsschwäche oder eine inakzeptable Beschädigung der Bauteilverbindung **100**, **101–103** einer Windenergieanlage **1000** unterrichtet werden.

[0039] In beiden Verfahren der **Fig. 8A** und **Fig. 8B** kann entlang eines Pfades „JA“ auch unmittelbar ein Service unterrichtet werden, bzw. das Stilllegen der Anlage veranlasst werden, um eine genauere Sich-

tung der Anlagenbedingungen vorzunehmen und gegebenenfalls Reparaturmaßnahmen einzuleiten. Entlang eines Pfades „NEIN“ kann andernfalls – d. h. für den Fall, dass eine Fehlerabweichung nicht gegeben ist – ein Zyklus eingeleitet werden, der die Schritte SA2 bis SA6 bzw. SB2 bis SB5 wiederholt.

[0040] **Fig. 9** bis **Fig. 12** zeigen weitere Ausführungsformen gemäss Varianten des Konzepts, nämlich **Fig. 9** eine weitere Bauteilverbindung **104** bei einer Windenergieanlage **1000**, wobei auf die Beschreibung der **Fig. 2** bis **Fig. 4** mit Hinweis auf identische oder ähnliche Teile mit gleichem Bezugszeichen Bezug genommen ist. In einer hier dargestellten Abwandlung der **Fig. 9** und der **Fig. 10**, **Fig. 11** und **Fig. 12** für ein erweitertes Überwachungsverfahren ist vorgesehen, dass eine Brücke zwischen dem ersten und zweiten Bauteil **30**, **10** mit einem Prüfmaß beaufschlagt wird. Ein Überwachen des Prüfmaßes auf eine Fehlerabweichung kann dann erfolgen. Sollte die Fehlerabweichung ausreichend hoch sein, um eine Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand anzuzeigen, kann eine Servicemaßnahme oder ein Abschalten einer Windenergieanlage **1000** zur Reparatur vorgenommen werden. Die **Fig. 9** bis **Fig. 12** zeigen vorliegend Alternativen, die im Wesentlichen darauf abstellen, dass eine Brücke zwischen dem ersten und zweiten Bauteil maßgeblich ist, um einen Defekt festzustellen, was deswegen mit einem Prüfmaß festgestellt werden kann. Dies ist insbesondere eine Längenänderung zwischen dem ersten und zweiten Bauteil **10**, **30**, nämlich beispielsweise dem Blattflansch und dem Blattflanschlager. Das Verbindungsteil **20** bzw. die Verbindungsaufnahme **70** spielt bei den in **Fig. 9** bis **Fig. 12** beispielhaft dargestellten Konzepten demnach eine nachgeordnete Rolle; vielmehr wird hier der Abstand zwischen den Bauteilen **10**, **30**, – hier dem Blattflansch und dem Blattflanschlager – maßgeblich.

[0041] Gemäß **Fig. 9** kann eine Messanordnung **510** mit einer Ultraschall-Messeinheit **511** an der Bauteilverbindung **104** vorgesehen sein. Grundsätzlich besteht nämlich die Möglichkeit zur Prüfung mittels akustischen Verfahrens, ob sich der Abstand zwischen dem Blattflansch und dem Blattflanschlager (Bauteile **30**, **10**) verändert hat. Analog zur akustischen Verfahren oder Klangproben könnte einer Veränderung der Eigenfrequenz oder deren Funk des angerissenen System erkannt werden. Grundsätzlich eignen sich auch nicht akustische Verfahren, wie optische Verfahren oder Laserverfahrens oder dergleichen, um einen Abstand zwischen Blattflansch und Blattflanschlager des ersten und zweiten Bauteils **30**, **10** festzustellen. Grundsätzlich kann so der Abstand zwischen einer Flanschfläche des Blattflanschlagers zu einer Flanschfläche des Rotorblatts überwacht werden. Als Referenz kann auch eine Fläche des Nabenadapters **300** dienen. Ähnlich kann

das in **Fig. 9** dargestellte Ultraschallverfahren eine Bestrahlung des Blattflanschlagers **10** vornehmen, beispielsweise von unten. So kann eine Rückwanddecho vom Blattflansch **30** bzw. einer Grenze desselben zum Blattflanschlager erkannt werden. Eventuell können mehrere Schwinger **511** an einem Auswertegerät parallel betrieben werden. Alternativ ist auch eine Detektion über einen Wickelkopf denkbar.

[0042] **Fig. 10** zeigen in Ansicht A und Ansicht B zwei verschiedene Möglichkeiten einen Abstand zwischen Blattflansch **30** und Blattflanschlager **10** über Pulsoren **521**, **522** festzustellen. Dazu weist eine Messanordnung **520** einen ersten Pulsor **521** bzw. **522** und einen Messpunkt auf, die als Sender-Empfänger funktionieren. Über mehrere Pulsoren am Umfang könnte beim Nabenadapter gegen die Kante zum Blattflansch gemessen werden. Über die Pulsoren **521**, **522** kann automatisch auch ein Bruch der Verschraubung, d. h. der Bauteilverbindung **105**, **106** des Blattflanschlagers **10** festgestellt werden. Die Messkette ließe sich auch bis zur Oberkante des Blattflansches **30** erweitern, wie dies in **Fig. 10B** dargestellt ist. Damit wären auch Verschraubungsbrüche in der Blattflanschverschraubung überwacht.

[0043] **Fig. 11** zeigt eine weitere überwachte Bauteilverbindung **107** mit einer Ruhestromschleife, beispielsweise mit einer Messanordnung **530**, die einen Dehnungsmessstreifen **531** hat. Durch Aufbringen einer mäanderförmigen Ruhestromschleife um den zu betrachtenden Schadensbereich kann eine Überwachung erfolgen. Insbesondere kann die Ruhestromschleife als Dehnungsmessstreifen verklebt werden. Anstatt eines Dehnungsmessstreifens **531** kann auch ein einfacher Folienträger mit z. B. aufgedämpfter Leiterware oder dergleichen verwendet werden.

[0044] **Fig. 12** zeigt eine weitere überwachte Bauteilverbindung **108** mit einer Messanordnung **540**, die eine elektrische und/oder magnetische Widerstandsmesseinheit umfasst. Insbesondere ist vorliegend als vergleichsweise einfache Realisierung ein Mikroschalter **541** realisiert. Über ein Mikroschalter in einer Ruhestromschleife könnten, die mit einem Riss verbundenen Wegänderungen im Bereich von 1 bis 2 mm erfasst werden, beispielsweise. Es werden mehrere Mikroschalter am Innen- und Außendurchmesser vorteilhaft sein. Vorzugsweise kann ein Stößel **542** vorgesehen sein, um einen vergleichsweise breiten Bereich überwachen zu können. Sollte sich ein Riss **50** der zuvor beschriebenen Art im Blattflanschlager **10** ausbilden, würde der Mikroschalter **541** mit Stößel **542** – hier insbesondere im gefährdeten Bereich des Drehlagers **200** angeordnet – den Kontakt unterbrechen und so den Defekt anzeigen.

Bezugszeichenliste

0	Schwellstrom
1	Turm
2	Gondel
3	Rotor
3	drei Rotorblätter
4	Spinner
5	Nabe
7	Generator
8	Blattlager
9	Nabenadapter
10	erstes Bauteil, insbesondere Blattflanschlager
20	Verbindungsteil, insbesondere Schraubbolzen
21, 22, 23	Schraubbolzen
30	zweites Bauteil, insbesondere Blattflansch
40	Verbindungsaufnahme
50	Riss, insbesondere Rissbildung, Öffnung od. dgl.
60	Durchführung
60.1	T-Stück
60.2	Endstück
61	Mittelachse
70	Verbindungsaufnahme, insbesondere Sackloch
70'	Verbindungsaufnahme
71–79	Verbindungsaufnahmen
80	Dichtungsbereich
90	Grenzbereich
91	Schmierbohrung
92	Druck- oder Saugnäpfe
100, 101, 102, 103	Bauteilverbindung
104, 105, 106, 107, 108	Bauteilverbindung
200	Drehlager
300	Nabenadapter
400	Prüfsystem, insbesondere Druckprüfsystem
410	Druckleitung
411	Leistungssystem
420	Druckquelle
421	Pumpe
430	Schaltventil
440	Druckmess-Einrichtung, insbesondere - Instrument
441	Barometer
450	Verteiler
510	erste Messanordnung
520	zweite Messanordnung
521	erster Pulsor

522	zweite Pulsor	5. Überwachte Bauteilverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet , dass ein Zwischenraum zwischen dem Verbindungsteil und wenigstens einem des ersten und/oder zweiten Bauteils eine Durchführung bildet, die mit einer Druckquelle zur Prüfdruck-Beaufschlagung verbindbar ist, insbesondere die zur Verbindungsaufnahme führt.
523, 524	Messpunkt	6. Überwachte Bauteilverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet , dass das Verbindungsteil eine Schraube ist, insbesondere eine Schraubstange.
530	dritte Messanordnung	7. Überwachte Bauteilverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet , dass die Bauteilverbindung eine Lagerverbindung ist, insbesondere in Form einer Schraubverbindung zwischen einem Flansch und einem Flanschlager, insbesondere in Form eines Rings.
531	Dehnungsmessstreifen	8. Überwachte Bauteilverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet , dass das Aufnahmeteil zur Aufnahme einer Kugeldrehverbindung, Rollendrehverbindung oder dergleichen Drehlagers ausgebildet ist.
540	vierte Messanordnung	9. Windenergieanlage mit einer überwachten Bauteilverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, insbesondere mit einem Turm, einer Gondel und einer mit einem Generator verbundenen Welle in der Gondel, wobei die Welle über eine Anzahl von mit der Welle über eine Nabe verbundenen Rotorblättern eines Rotors antreibbar ist, und wobei ein Rotorblatt über ein Blattlager mit einem Nabenadapter verbunden ist, dadurch gekennzeichnet , dass eine überwachte Bauteilverbindung nach einem der vorhergehenden Ansprüche am Rotor und/oder der Nabe gebildet ist.
541	Mikroschalter	10. Windenergieanlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet , dass das Halteteil in Form eines Blattflansches das Aufnahmeteil in Form des Blattflanschlagers und das Verbindungsteil in Form einer Schraubverbindung zwischen dem Blattflansch und dem Blattflanschlager gebildet ist.
542	Stößel	11. Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand, wobei die Bauteilverbindung mit
1000	Windenergieanlage	– wenigstens einem ersten, ein Halteteil bildendes, Bauteil,
p	Prüfdruck	– wenigstens einem zweiten, ein Aufnahmeteil bildendes, Bauteil,
p'	abgegriffener Prüfdruck	– wenigstens einem Verbindungsteil, welches das zweite Bauteil an dem ersten Bauteil im verbundenen Zustand hält, wobei das Verbindungsteil in eine Verbindungsaufnahme des Aufnahmeteils eingreift;
P ₀	Schwelldruck	dadurch gekennzeichnet , dass zum Überwachen auf einer ungewollten Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand
ΔP	Druckdifferenz	– die Verbindungsaufnahme mit einem Prüfdruck beaufschlagbar ist, und
p ₀	Druckamplitude	– der Prüfdruck auf eine Fehlerabweichung überwachbar ist, die ausreichend ist, eine Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand anzuzeigen.
SA1–SA7	erster bis siebter Schritt der ersten Variante	
SB1–SB6	erster bis sechster Schritt der zweiten Variante	
t	Messzeit	
V	Volumenstrom	
V ₀	Schwellstrom	

Patentansprüche

1. Überwachte Bauteilverbindung mit

- einem ersten, ein Halteteil bildendes, Bauteil,
- einem zweiten, ein Aufnahmeteil bildendes, Bauteil,
- einem Verbindungsteil, welches das zweite Bauteil an dem ersten Bauteil im verbundenen Zustand hält, wobei das Verbindungsteil in eine Verbindungsaufnahme des Aufnahmeteils eingreift;

dadurch gekennzeichnet, dass zum Überwachen auf einer ungewollten Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand

- die Verbindungsaufnahme mit einem Prüfdruck beaufschlagbar ist, und
- der Prüfdruck auf eine Fehlerabweichung überwachbar ist, die ausreichend ist, eine Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand anzuzeigen.

2. Überwachte Bauteilverbindung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verbindungsteil eine Durchführung aufweist, die mit einer Druckquelle zur Prüfdruck-Beaufschlagung verbindbar ist und die zur Verbindungsaufnahme führt.

3. Überwachte Bauteilverbindung nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Durchführung entlang einer Gesamtlänge im Verbindungsteils erstreckt.

4. Überwachte Bauteilverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Durchführung entlang einer Teillänge im Verbindungsteils erstreckt, insbesondere an einer Außenseite des Verbindungsteils.

5. Überwachte Bauteilverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Zwischenraum zwischen dem Verbindungsteil und wenigstens einem des ersten und/oder zweiten Bauteils eine Durchführung bildet, die mit einer Druckquelle zur Prüfdruck-Beaufschlagung verbindbar ist, insbesondere die zur Verbindungsaufnahme führt.

6. Überwachte Bauteilverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verbindungsteil eine Schraube ist, insbesondere eine Schraubstange.

7. Überwachte Bauteilverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bauteilverbindung eine Lagerverbindung ist, insbesondere in Form einer Schraubverbindung zwischen einem Flansch und einem Flanschlager, insbesondere in Form eines Rings.

8. Überwachte Bauteilverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Aufnahmeteil zur Aufnahme einer Kugeldrehverbindung, Rollendrehverbindung oder dergleichen Drehlagers ausgebildet ist.

9. Windenergieanlage mit einer überwachten Bauteilverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, insbesondere mit einem Turm, einer Gondel und einer mit einem Generator verbundenen Welle in der Gondel, wobei die Welle über eine Anzahl von mit der Welle über eine Nabe verbundenen Rotorblättern eines Rotors antreibbar ist, und wobei ein Rotorblatt über ein Blattlager mit einem Nabenadapter verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine überwachte Bauteilverbindung nach einem der vorhergehenden Ansprüche am Rotor und/oder der Nabe gebildet ist.

10. Windenergieanlage nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Halteteil in Form eines Blattflansches das Aufnahmeteil in Form des Blattflanschlagers und das Verbindungsteil in Form einer Schraubverbindung zwischen dem Blattflansch und dem Blattflanschlager gebildet ist.

11. Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand, wobei die Bauteilverbindung mit

- wenigstens einem ersten, ein Halteteil bildendes, Bauteil,
- wenigstens einem zweiten, ein Aufnahmeteil bildendes, Bauteil,
- wenigstens einem Verbindungsteil, welches das zweite Bauteil an dem ersten Bauteil im verbundenen Zustand hält, wobei das Verbindungsteil in eine Verbindungsaufnahme des Aufnahmeteils eingreift;

aufweisend die Schritte:

- Beaufschlagen der Verbindungsaufnahme mit einem Prüfdruck
- Überwachen des Prüfdrucks auf eine Fehlerabweichung, die ausreichend ist, eine Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand anzuzeigen, insbesondere
- Aussenden eines Prüfsignals im Falle einer Fehlerabweichung zu einer zentralen Prüfstelle und/oder automatisches Anhalten einer Windenergieanlage im Falle einer Fehlerabweichung.

12. Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüfdruck ein Überdruck ist.

13. Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüfdruck ein Unterdruck ist.

14. Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüfdruck ein pneumatischer Druck ist.

15. Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüfdruck ein hydraulischer Druck ist.

16. Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand nach einem der Ansprüche 11 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbindungsaufnahme getaktet mit einem Prüfdruck beaufschlagt wird, insbesondere wenigstens einmal pro Woche, Tag oder Stunde, vorzugsweise zyklisch.

17. Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand nach einem der Ansprüche 11 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüfdruck anhaltend mit vorbestimmter Amplitude aufgebracht wird und

- auf eine Fehlerabweichung erkannt wird, wenn ein Volumenstrom oberhalb einer Volumenschwelle liegt, um die Amplitude zu halten und/oder
- vorzugsweise nach einer bestimmten Zeit, überprüft wird, ob ein Fehlerschwellwert erreicht wurde oder andernfalls ein ursprünglich aufgebrachter Prüfdruck im wesentlichen erhalten ist.

18. Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand nach einem der Ansprüche 11 bis 17, der Prüfdruck einmalig mit vorbestimmter Amplitude aufgebracht wird und ein Abfallverhalten des Prüfdrucks von der Amplitude überwacht wird und auf eine Fehlerabweichung erkannt wird, wenn das Abfallverhalten zeitlich und/oder wertmäßig jenseits einer Rampenschwelle liegt.

19. Verfahren zur Überwachung einer Bauteilverbindung auf eine ungewollte Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand, wobei die Bauteilverbindung mit

- wenigstens einem ersten, ein zu Halteteil bildendes, Bauteil,
- wenigstens einem zweiten, ein Aufnahmeteil bildendes, Bauteil,
- wenigstens einem Verbindungsteil, welches das zweite Bauteil an dem ersten Bauteil im verbundenen Zustand hält,

aufweisend die Schritte:

- Beaufschlagen einer Brücke zwischen dem ersten und zweiten Bauteil mit einem Prüfmaß
- Überwachen des Prüfmaßes auf eine Fehlerabweichung, die ausreichend ist, eine Verbindungsschwäche der Bauteilverbindung im verbundenen Zustand anzuzeigen, insbesondere überwacht wird, – vorzugsweise nach einer bestimmten Zeit – ob das Prüfmaß einen Fehlerschwellwert überschreitet oder ein ursprüngliches Prüfmaß im wesentlichen gehalten ist.

20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brücke zwischen wenigstens zwei Teilen der Bauteile und des Verbindungsteils gebildet ist, insbesondere die Brücke im oder am zweiten Bauteil gebildet ist.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verbindungsteil in eine Verbindungsaufnahme des Aufnahmeteils eingreift und die Brücke durch die Verbindungsaufnahme gebildet ist, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche 11 bis 18.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Prüfmaß mittels einer, insbesondere stationären, Messanordnung an der Brücke aufgenommen wird, wobei die Messanordnung eine elektrische und/oder magnetische Widerstands-Messeinheit umfasst.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Prüfmaß ein Entfernungsmaß ist und überwacht wird, ob das Entfernungsmaß eine Fehlerentfernung überschreitet, wobei das Entfernungsmaß mittels einer, insbesondere stationären, Messanordnung an der Brücke aufgenommen wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messanordnung eine Ultraschall-Messeinheit und/oder eine Dehnungs-Messeinheit, und/oder eine Kontakt-Messeinheit umfasst.

25. Prüfnetz mit einer Vielzahl von überwachten Bauteilverbindungen nach einem der Ansprüche 1 bis 8, insbesondere einer Vielzahl von Windenergieanlagen nach einem der Ansprüche 9 oder 10, und mit einer zentralen Prüfstation, die zum Empfang eines Prüfsignals ausgebildet ist, insbesondere zum drahtlosen Empfang eines Prüfsignals von einem Prüf- und Überwachungssystem zur überwachten Bauteilverbindung.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

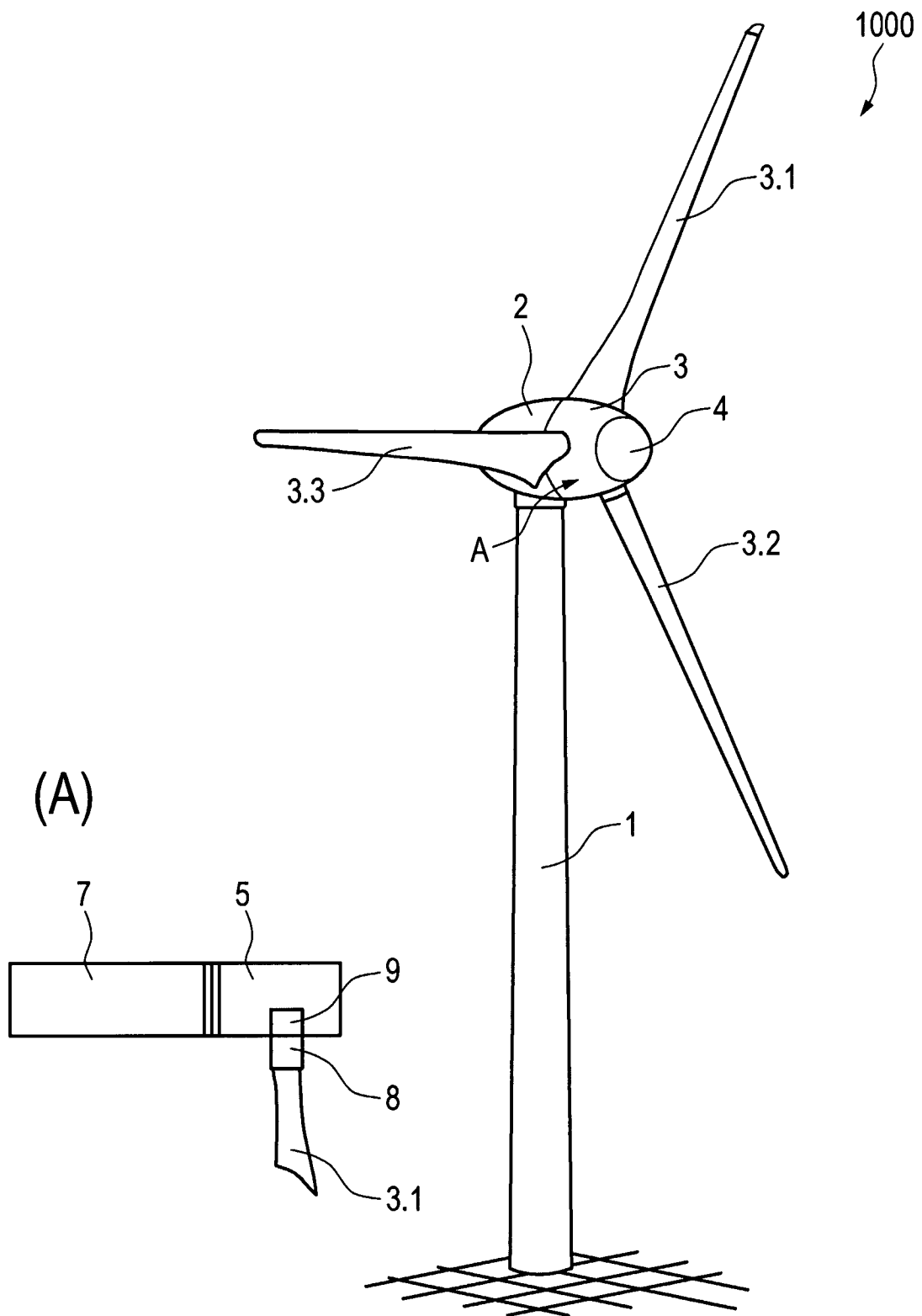


Fig. 1

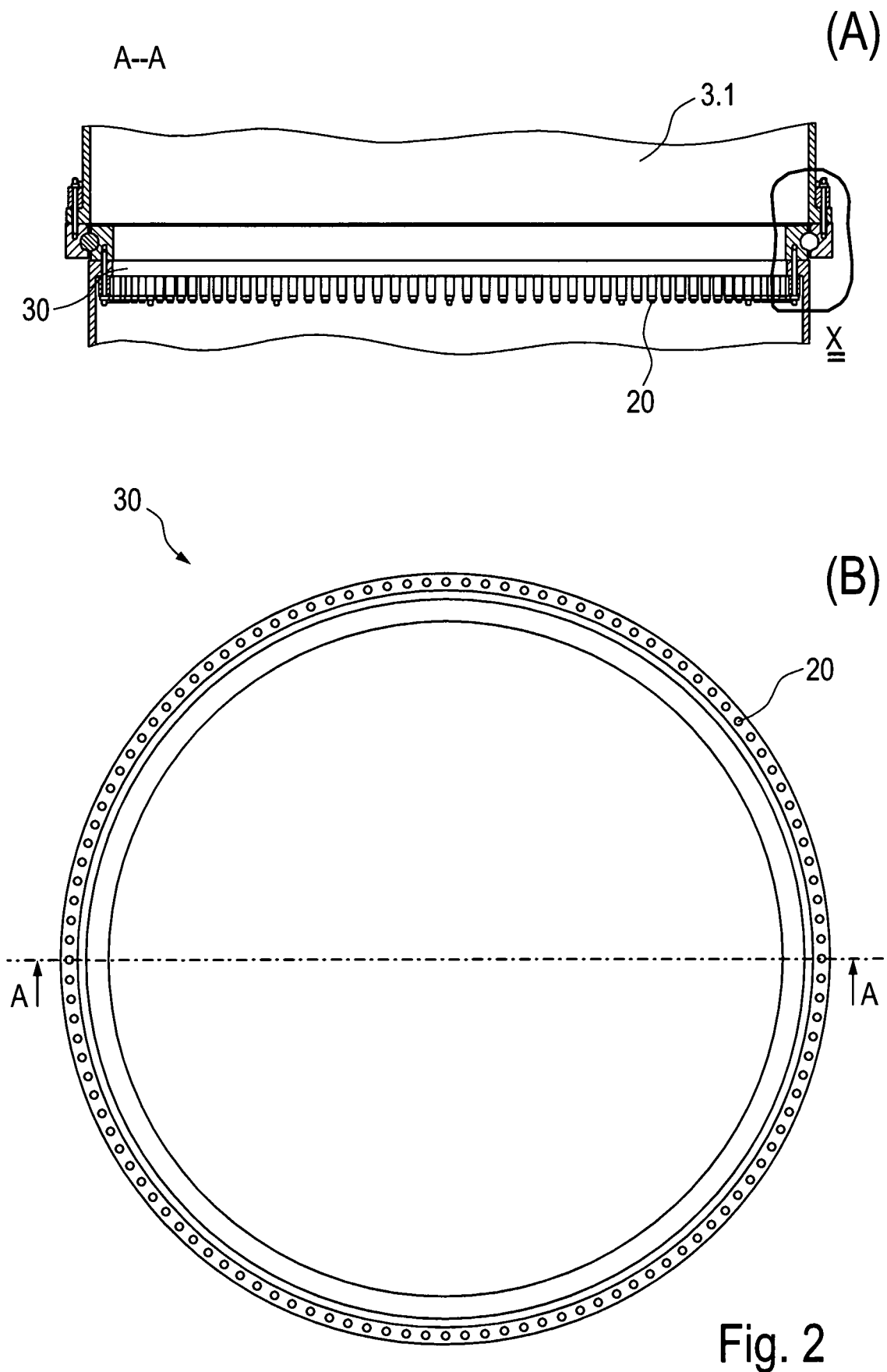
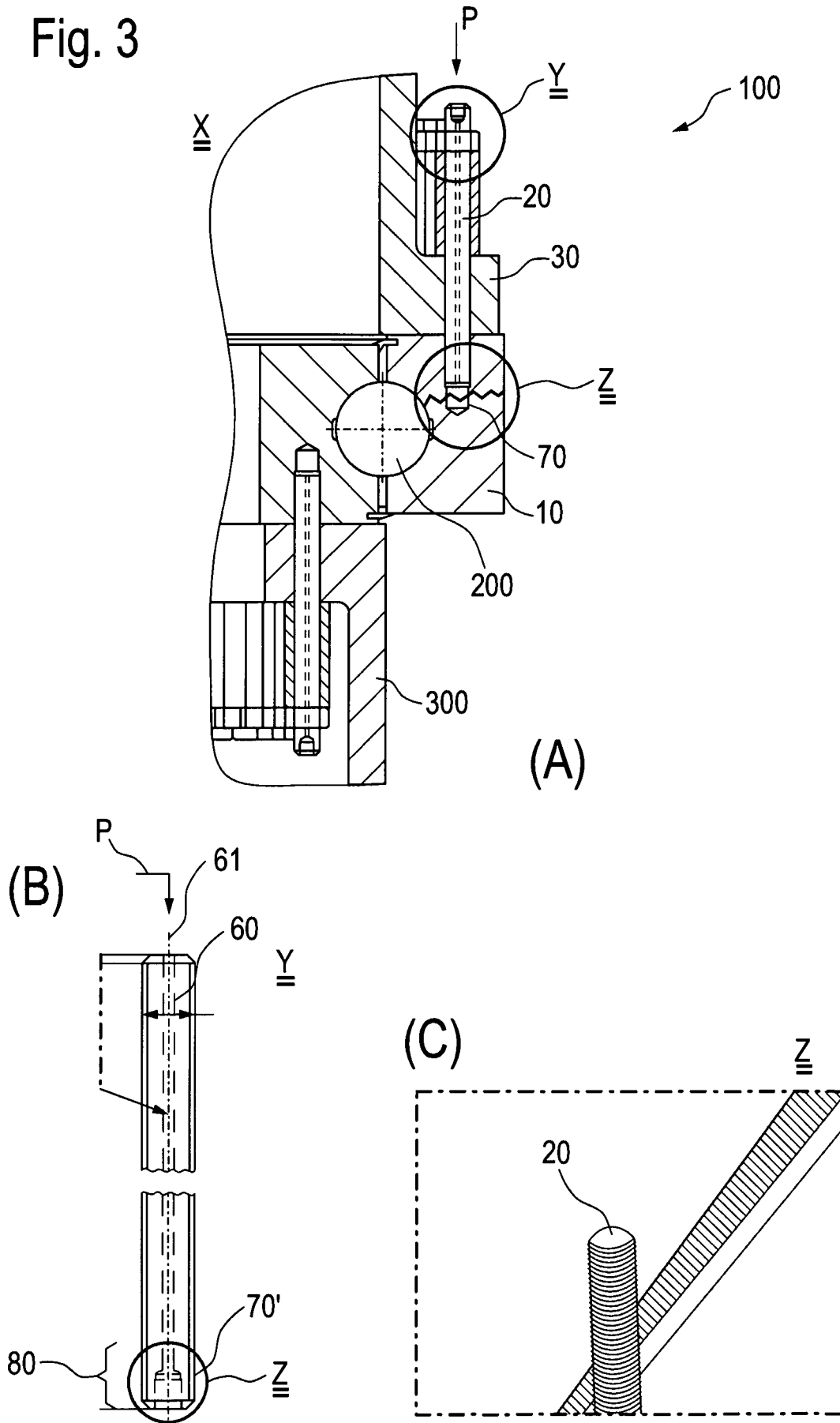
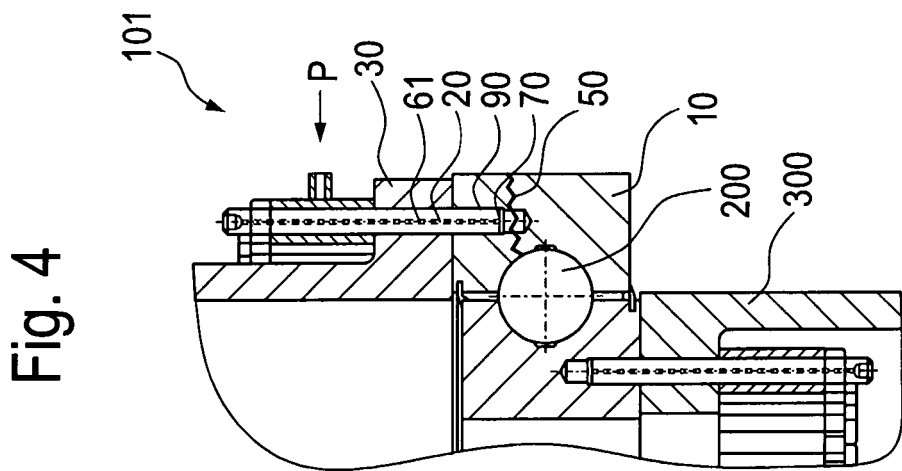
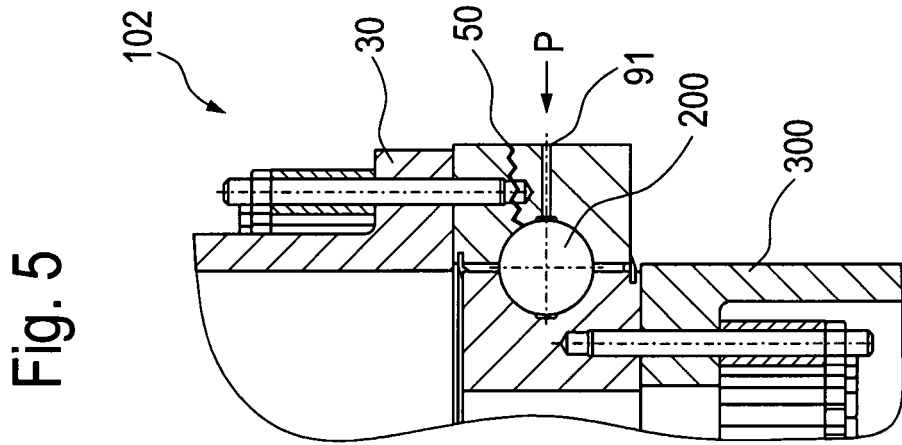
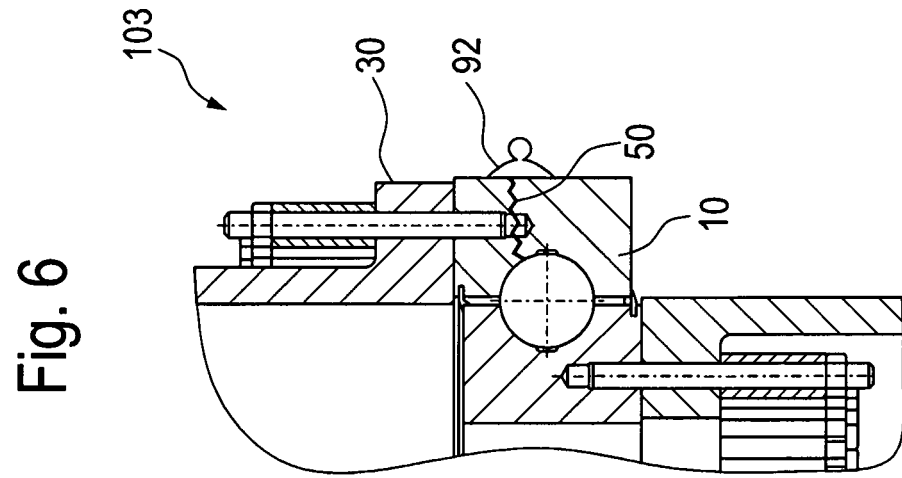


Fig. 2

Fig. 3





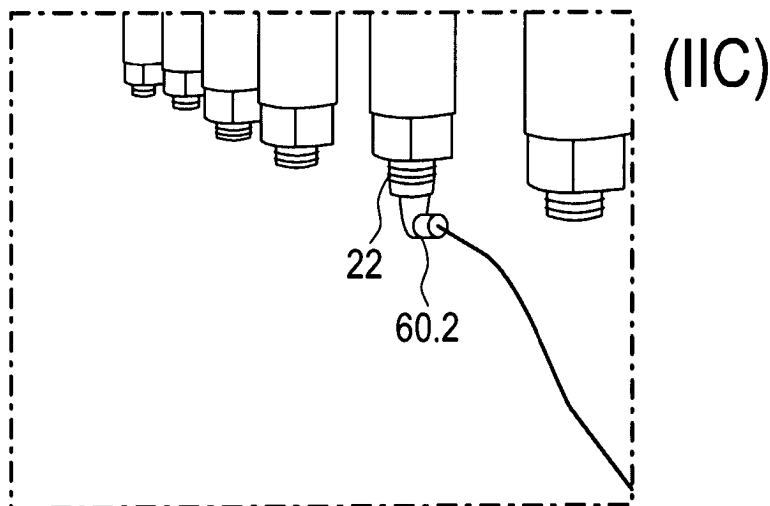
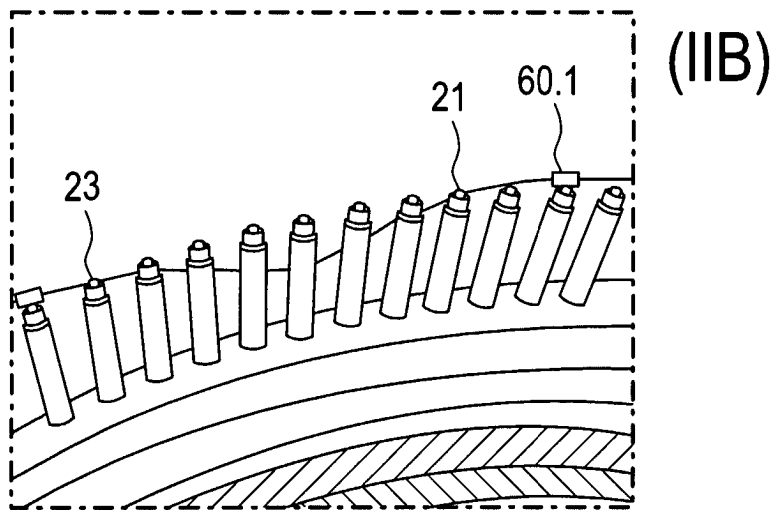
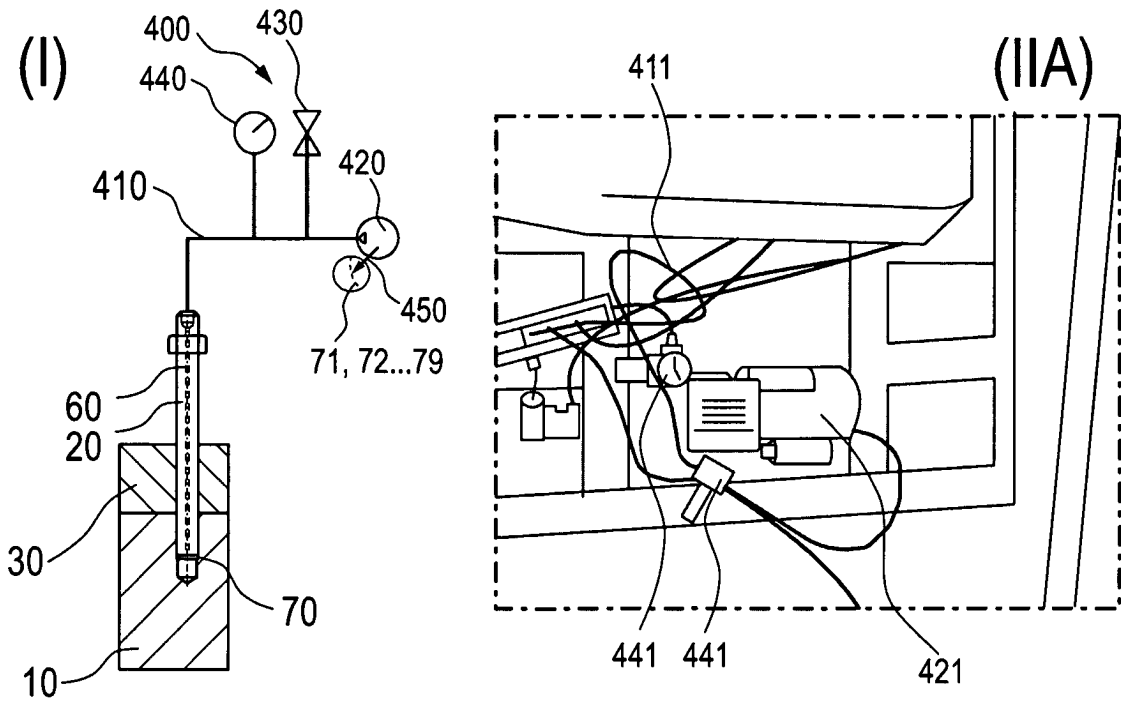


Fig. 7

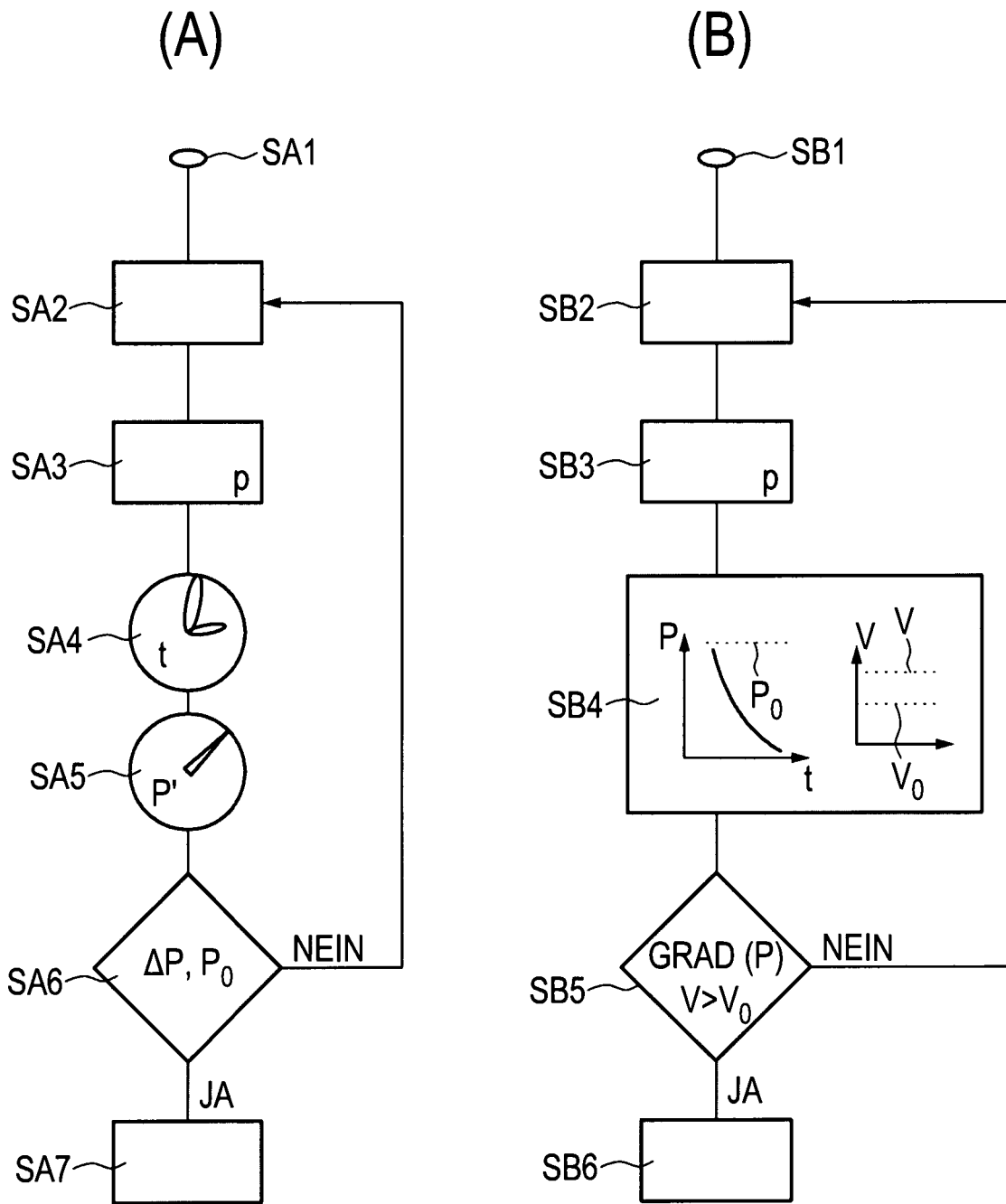


Fig. 8

Fig. 9

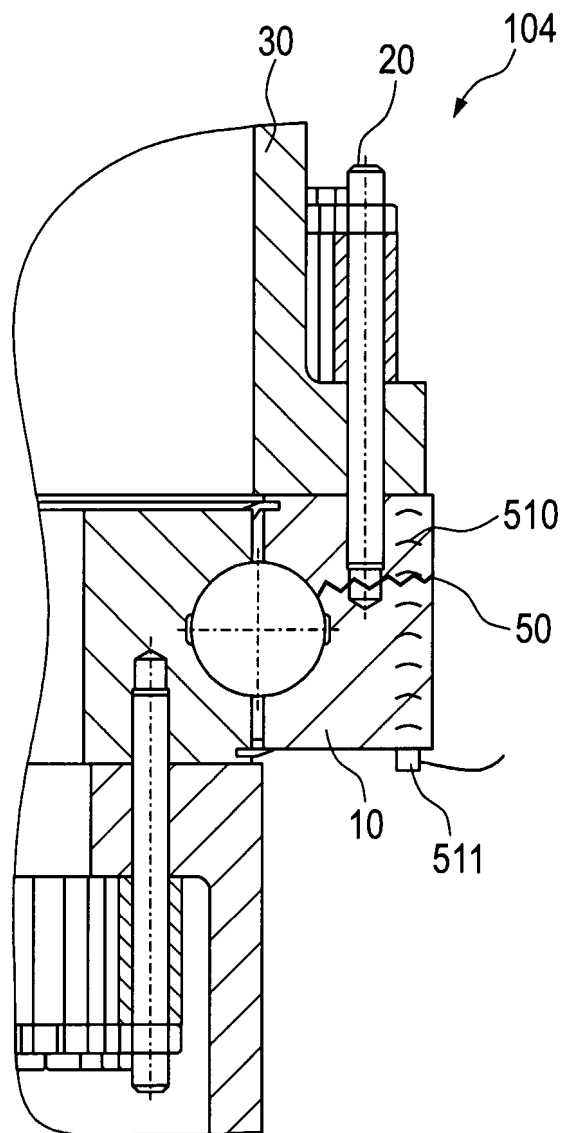


Fig. 10A

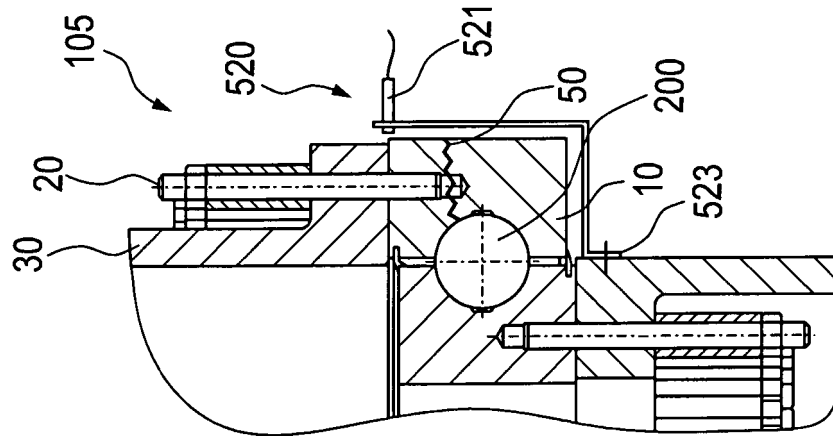


Fig. 10B

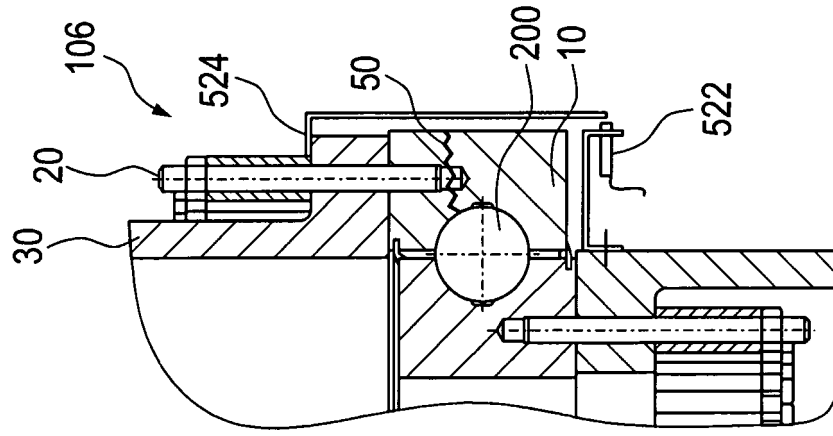


Fig. 11

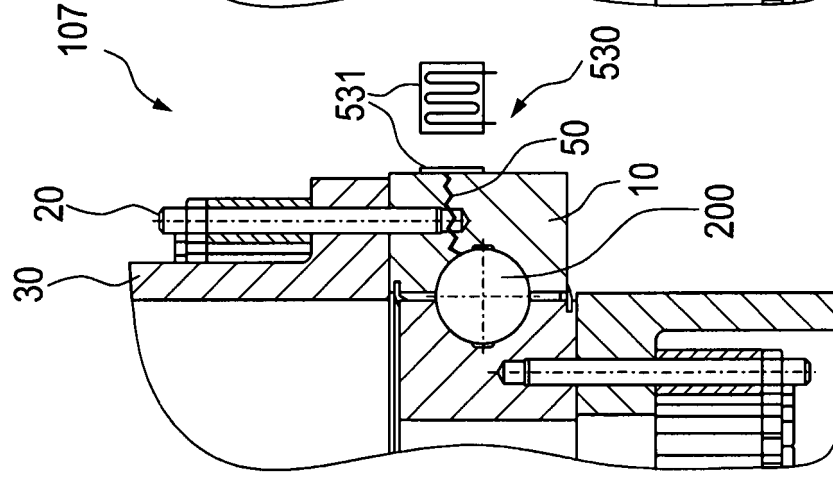


Fig. 12

