

(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  
16. Mai 2024 (16.05.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2024/100264 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
*G01M 5/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/081463

(22) Internationales Anmeldedatum:  
10. November 2023 (10.11.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2022 211 982.7  
11. November 2022 (11.11.2022) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder: **ROSEMEIER, Malo**; c/o Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES, Am Seedeich 45, 27572 Bremerhaven (DE). **MELCHER, David**; c/o Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES, Am Seedeich 45, 27572 Bremerhaven (DE). **HALLER, Bernd**; c/o Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES, Am Seedeich 45, 27572 Bremerhaven (DE). **MEYER, Christian**; c/o Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES, Am Seedeich 45, 27572 Bremerhaven (DE).

(74) Anwalt: **PFENNING, MEINIG & PARTNER MBB**; Joachimsthaler Straße 10-12, 10719 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR TESTING ELONGATE TEST SPECIMENS

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM PRÜFEN VON LÄNGLICHEN PRÜFKÖRPERN

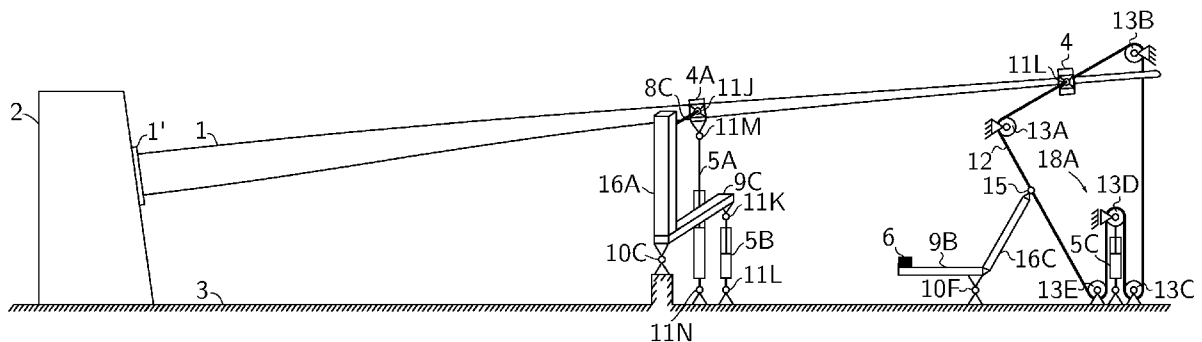


FIG. 1

(57) Abstract: The invention relates to a device for testing an elongate test specimen (1). This device comprises a clamping device (2) for clamping the test specimen (1) so that it extends from the clamping device (2) along its length in a longitudinal direction with a horizontal directional component. In addition, the device comprises at least one actuator (5A, 5B) for deflecting the test specimen (1), at least one cable (12), a first deflection pulley (13A), which is arranged on a first side of the test specimen (1), so that a first cable portion of the at least one cable (12) can be guided via the first deflection pulley to a first lateral point of engagement on the test specimen (1) or a load frame (4) for the test specimen (1) and can be connected to the first point of engagement, and a second deflection pulley (13B) which is arranged on a second side of the test specimen (2) opposite the first side, so that a second cable portion (12L) of the at least one cable (12) can be guided via the second deflection pulley to a second lateral point of engagement on the test specimen (1) or the load frame (4) for the test specimen (1) and can be connected to the second point of engagement, the second lateral point of engagement being opposite the first lateral point of engagement. The device additionally comprises at least one clamping device (18) for clamping the first and the second cable portion. The invention also relates to a system and to a method for testing an elongate test specimen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Prüfen eines länglichen Prüfkörpers (1). Diese umfasst eine Einspannvorrichtung (2) zum Einspannen des Prüfkörpers (1), so dass dieser sich von der Einspannvorrichtung (2) aus seiner Länge nach in eine Längsrichtung mit einer horizontalen Richtungskomponente erstreckt. Außerdem umfasst sie mindestens einen Aktuator (5A, 5B) zum Auslenken des Prüfkörpers (1), mindestens ein Seil (12), eine erste Umlenkrolle (13A), die auf einer ersten Seite des Prüfkörpers (1) angeordnet ist, so dass ein erster Seilabschnitt des mindestens einen Seils (12) über die erste Umlenkrolle zu einem ersten

WO 2024/100264 A1

JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,  
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,  
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,  
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

seitlichen Angriffspunkt am Prüfkörper (1) oder einem Lastrahmen (4) für den Prüfkörper (1) führbar und mit dem ersten Angriffspunkt verbindbar ist, und eine zweite Umlenkrolle (13B) die auf einer der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite des Prüfkörpers (2) angeordnet ist, so dass ein zweiter Seilabschnitt (12L) des mindestens einen Seils (12) über die zweite Umlenkrolle zu einem zweiten seitlichen Angriffspunkt am Prüfkörper (1) oder dem Lastrahmen (4) für den Prüfkörper (1) führbar und mit dem zweiten Angriffspunkt verbindbar ist, wobei der zweite seitliche Angriffspunkt dem ersten seitlichen Angriffspunkt entgegengesetzt ist. Außerdem umfasst die Vorrichtung mindestens eine Spannvorrichtung (18) zum Spannen des ersten und des zweiten Seilabschnitts. Die Erfindung betrifft auch ein System sowie ein Verfahren zum Prüfen eines länglichen Prüfkörpers.

### Vorrichtung und Verfahren zum Prüfen von länglichen Prüfkörpern

Die vorliegende Erfindung liegt auf dem Gebiet des Maschinenbaus. Sie be-  
5 trifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Prüfen von länglichen Prüfkör-  
pern. Sie ist mit besonderem Vorteil in der Windenergietechnik einsetzbar,  
wobei insbesondere eine Prüfung von ganzen Rotorblättern oder von Rotor-  
blattsegmenten von Windenergieanlagen ermöglicht wird.

10 Die Strukturprüfung von länglichen, schlanken Prüfkörpern, wie z.B. ganzen  
Rotorblättern oder Rotorblattsegmenten von Windenergieanlagen (WEA)

stellt bei immer größeren Blattlängen eine Herausforderung dar. Die Strukturprüfung erfolgt vorzugsweise zyklisch und in Resonanz, wobei Anregungen in Schlag- und/oder Schwenkrichtung vorgesehen sein können. Je länger ein Prüfkörper ist, desto geringer ist seine Eigenfrequenz und desto länger ist die Prüfdauer. Daher verlängert sich auch die Zeit, bis ein neuer Typ bspw. eines Rotorblatts für eine WEA eine Zertifizierung und Freigabe zum Betrieb erhält, was sich verlangsamen auf die Umsetzung einer Energiewende hin zu einer CO<sub>2</sub>-neutralen Energieerzeugung auswirkt.

5

10

Dieser Herausforderung kann bspw. mit der Anbringung von elastischen Elementen am Prüfkörper entgegengewirkt werden, welche die Systemeigenfrequenz heraufsetzt. Beispielsweise offenbart die DE 10 2018 218 515 A1 ein Verfahren, bei dem mindestens zwei aktive Lasteinleitungsmittel bereitgestellt werden, die jeweils an einem Lastrahmen angreifen, wobei ein erstes der mindestens zwei aktiven Lasteinleitungsmittel zur Lasteinleitung in eine Schwenkrichtung des Rotorblatts eingerichtet wird und ein zweites der mindestens zwei aktiven Lasteinleitungsmittel zur Lasteinleitung in eine Schlagrichtung des Rotorblatts eingerichtet wird. Weiterhin wird gemäß DE 10 2018 218 515 A1 mindestens ein passives Lasteinleitungsmittel bereitgestellt, wobei für ein System, welches das Rotorblatt und das mindestens eine passive Lasteinleitungsmittel umfasst, eine Systemeigenfrequenz für die Schwenkrichtung und/oder für die Schlagrichtung durch das mindestens eine passive Lasteinleitungsmittel verändert wird.

15

20

25

Ein Problem besteht aber weiterhin darin, dass die Auslenkung in Schlagrichtung bei immer länger werdenden Prüfkörpern im Prüfkörperspitzenbereich derart groß wird, dass Vorrichtungen mit elastischen Elementen zu sehr großen Wegen und/oder Durchbiegungen der elastischen Elemente führen und, damit einhergehend, sehr große Längen für die elastischen Elemente benötigt werden. Dadurch werden die elastischen Elemente sehr schwer und wirken möglicherweise als mitschwingende Massen, aufgrund ihres Gewichts, einer gewünschten Federwirkung entgegen.

30

35

Eine weitere Herausforderung stellt die Minimierung der Überlast, also der Abweichung der Testbiegemomentenverteilung von der Zielbiegemomentenverteilung, immer längerer Prüfkörper dar. Dieser Herausforderung kann

5 bspw. mit der Anbringung von Massen im Prüfkörperspitzenbereich für bspw. eine Prüfung in Schwenkrichtung entgegengewirkt werden. Nachteilig ist dabei, dass die anzubringenden Massen in vielen Fällen dabei sehr groß werden müssen, so dass zulässige Querkräfte in Schlagrichtung überschritten werden, wodurch die Mittelbiegemomentenverteilung durch die Gewichtskraft dieser Massen während einer Prüfung in Schwenkrichtung unzulässig erhöht wird oder ein unzulässiges Torsionsmoment infolge großer Durchbiegung an der Spitze eingeleitet wird. Abhilfe können vom Prüfkörper entkoppelte Massen schaffen. Diese wirken dann nur in eine Vorzugsrichtung, bspw. in Schwenkrichtung. Als vorteilhaft hat sich dabei erwiesen, dass mit Hilfe entkoppelter Massen, die in Schwenkrichtung wirken, und elastischen Elementen, die in Schlagrichtung wirken, sich die Systemeigenfrequenzen bei einer bi-axialen Anregung aufeinander abstimmen lassen, bspw. in Verhältnissen von 1:1, 1:2, etc. (vgl. DE 10 2018 218 515 A1), so dass eine zeitgleiche Prüfung beider Richtungen und somit eine Gesamtzeiterparnis des Testprogramms bestehend aus mehreren Prüfsequenzen aus Schwenk- und Schlagprüfung möglich wird.

20 Ein Problem kann aber darin bestehen, dass die Auslenkung in Schlagrichtung bei immer längeren Prüfkörpern im Prüfkörperspitzenbereich derart groß wird, wodurch bei herkömmlichen Vorrichtungen mit entkoppelten Massen sehr lange Stangen benötigt werden, um parasitäre Kräfte (die nicht in die gewünschte Vorzugsrichtung wirken) infolge großer Winkel zu minimieren. Lange Stangen sind dabei aber stabilitätsgefährdet und bringen eine zusätzliche Massenträgheit in das System ein, die ebenfalls nicht in die Vorzugsrichtung wirkt und somit unerwünscht ist.

30 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die bekannten Systeme und Verfahren noch weiter zu verbessern und zumindest einen Teil der oben genannten Probleme zu beheben.

35 Dies wird gelöst durch eine Vorrichtung zum Prüfen eines länglichen Prüfkörpers gemäß Anspruch 1. Außerdem wird die Aufgabe durch ein System oder ein Verfahren gemäß einem der nebengeordneten Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie aus der nachfolgenden Beschreibung und den Figuren.

Eine Vorrichtung zum Prüfen eines länglichen Prüfkörpers umfasst demnach eine Einspannvorrichtung zum Einspannen des Prüfkörpers, so dass dieser sich von der Einspannvorrichtung aus seiner Länge nach in eine Längsrichtung mit einer horizontalen Richtungskomponente erstreckt.

5

Die Vorrichtung umfasst außerdem mindestens einen Aktuator zum Auslenken des Prüfkörpers.

Die Vorrichtung umfasst außerdem mindestens ein Seil.

10

Die Vorrichtung umfasst außerdem eine erste Umlenkrolle, die auf einer ersten Seite des Prüfkörpers angeordnet ist, so dass ein erster Seilabschnitt des mindestens einen Seils über die erste Umlenkrolle zu einem ersten seitlichen Angriffspunkt am Prüfkörper oder einem Lastrahmen für den Prüfkörper führbar und mit dem ersten Angriffspunkt verbindbar ist.

15

Die Vorrichtung umfasst außerdem eine zweite Umlenkrolle, die auf einer der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite des Prüfkörpers angeordnet ist, so dass ein zweiter Seilabschnitt des mindestens einen Seils über die zweite Umlenkrolle zu einem zweiten seitlichen Angriffspunkt am Prüfkörper oder dem Lastrahmen für den Prüfkörper führbar und mit dem zweiten Angriffspunkt verbindbar ist, wobei der zweite seitliche Angriffspunkt dem ersten seitlichen Angriffspunkt entgegengesetzt ist.

20

Die Vorrichtung umfasst außerdem mindestens eine Spannvorrichtung zum Spannen des ersten und des zweiten Seilabschnitts.

25

Durch die Vorrichtung wird eine Lösung der obigen Aufgabe vorteilhaft ermöglicht. Das mindestens eine Seil, geführt über die Umlenkrollen, ermöglicht vorteilhaft eine Kontrolle des Prüfkörpers sowie ein Einwirken auf den Prüfkörper. Eine Besonderheit besteht darin, dass die Einwirkung für eine Bewegung entlang der mit dem Prüfkörper verbundenen Seilabschnitte einerseits (also z.B. horizontal), und für eine Bewegung quer zu den mit dem Prüfkörper verbundenen Seilabschnitten andererseits unterschiedlich ausgestaltet werden kann. Damit können beispielsweise für die Schlagrichtung und/oder für

30

35

die Schwenkrichtung spezifische Belastungen eingestellt werden. Diese speziellen Eigenschaften der Vorrichtung werden im Folgenden noch näher erläutert.

5 Ein vorgeschlagenes System zum Prüfen eines länglichen Prüfkörpers umfasst die hier vorgestellte Vorrichtung sowie den Prüfkörper, der beispielsweise ein Rotorblatt oder ein Rotorblattsegment einer Windenergieanlage sein kann. Der Prüfkörper ist dabei in die Einspannvorrichtung eingespannt, so dass er sich von der Einspannvorrichtung aus seiner Länge nach in die Längsrichtung  
10 mit der horizontalen Richtungskomponente erstreckt, wobei der erste Seilabschnitt mit dem ersten seitlichen Angriffspunkt verbunden ist und der zweite Seilabschnitt mit dem zweiten Angriffspunkt verbunden ist.

15 Ein vorgeschlagenes Verfahren zum Prüfen eines Prüfkörpers findet statt unter Verwendung des genannten Systems, wobei der Prüfkörper mittels des mindestens einen Aktuators ausgelenkt wird und mittels der mindestens einen Spannvorrichtung der erste und der zweite Seilabschnitt gespannt werden.

20 Typischerweise wird eine zyklische Belastung in Schlag- und/oder Schwenkrichtung, bzw. in vertikale und/oder horizontale Richtung bereitgestellt.

25 Es sei betont, dass die hier im Zusammenhang mit der Vorrichtung beschriebenen Merkmale auch für das System sowie das Verfahren beansprucht werden können und umgekehrt.

30 In einem Beispiel umfasst der mindestens eine Aktuator einen ersten Aktuator zum Auslenken des Prüfkörpers in eine erste Auslenkungsrichtung und einen zweiten Aktuator zum Auslenken des Prüfkörpers in eine zweite Auslenkungsrichtung quer zur ersten Auslenkungsrichtung.

35 Beispielsweise umfasst der mindestens eine Aktuator einen Vertikalaktuator zum Auslenken des Prüfkörpers mit einer vertikalen Richtungskomponente. Die vertikale Richtungskomponente kann zum Beispiel einer Schlagrichtung eines zu prüfenden Rotorblatts einer Windenergieanlage entsprechen. Beim Auslenken des Prüfkörpers in diese Richtung, die typischerweise quer zum Seil

verläuft, wird ein Zug auf den ersten Seilabschnitt und den zweiten Seilabschnitt ausgeübt, wenn der erste und der zweite Seilabschnitt mit dem Prüfkörper verbunden sind. Die mindestens eine Spannvorrichtung spannt den ersten und den zweiten Seilabschnitt in einer möglichen Ausführungsform so, dass eine Rückstellkraft auf den ausgelenkten Prüfkörper ausgeübt wird. Damit wird eine besonders gute Kontrolle einer Auslenkung in die vertikale Richtung (z.B. Schlagrichtung) über das Seil ermöglicht. Das Verfahren kann entsprechend vorsehen, dass der Prüfkörper in eine Richtung mit einer vertikalen Richtungskomponente ausgelenkt wird, wobei durch das mindestens eine Seil eine Rückstellkraft auf den vertikal ausgelenkten Prüfkörper ausgeübt wird. Dieser Effekt entspricht etwa der Wirkweise eines wie oben beschriebenen elastischen Elements.

Alternativ oder zusätzlich umfasst der mindestens eine Aktuator einen Horizontalaktuator zum Auslenken des Prüfkörpers in eine zweite Auslenkungsrichtung mit einer horizontalen Richtungskomponente. Hier kann es sich zum Beispiel um eine Schwenkrichtung eines zu prüfenden Rotorblatts einer Windenergieanlage handeln. Die horizontale Auslenkung erfolgt dabei typischerweise im Wesentlichen entlang des Seils. Das Seil kann dabei in manchen Ausführungsformen beispielsweise so angeordnet sein, dass es diese Art der Auslenkung toleriert, indem es frei läuft und dabei beispielsweise keine Rückstellkraft auf den Prüfkörper aufbringt. Dabei können in möglichen Ausführungen träge Massen an dem Seil angeordnet sein, die sich bei der Auslenkung mit dem Seil bewegen und die dadurch entstehenden Trägheitskräfte über das Seil auf den Prüfkörper wirken. Eine Ausgestaltung des Verfahrens kann vorsehen, dass der Prüfkörper in eine Richtung mit einer horizontalen Richtungskomponente ausgelenkt wird, und das mindestens eine Seil die horizontale Auslenkung toleriert. In Reaktion auf die Auslenkung läuft das Seil über die erste und die zweite Umlenkrolle. Die Auslenkung kann optional durch mindestens eine mit dem mindestens einen Seil verbundene bewegliche Masse beeinflusst werden. Dieser Effekt entspricht etwa der Wirkweise einer wie oben beschriebenen entkoppelten Masse. Spezielle Ausgestaltungen von dieser Möglichkeit werden unten noch näher erläutert.

Das mindestens eine Seil kann beispielsweise als Drahtseil ausgebildet sein o-

der als Kunststoffseil. Das mindestens eine Seil kann beispielsweise Dyneema®-Fasern enthalten.

5 Beispielsweise kann das mindestens eine Seil ein erstes Seil und ein zweites Seil umfassen. Dabei kann vorgesehen sein, dass der erste Seilabschnitt ein Abschnitt des ersten Seils ist, so dass das erste Seil mit dem ersten Angriffspunkt verbindbar ist, und der zweite Seilabschnitt ein Abschnitt des zweiten Seils ist, so dass das zweite Seil mit dem zweiten Angriffspunkt verbindbar ist. Die Vorrichtung kann eine erste Seilfixierung aufweisen, zum Befestigen des  
10 ersten Seils, und eine zweite Seilfixierung, zum Befestigen des zweiten Seils. Die mindestens eine Spannvorrichtung kann dann eine erste Spannvorrichtung und eine zweite Spannvorrichtung umfassen, wobei die erste Spannvorrichtung zwischen der ersten Umlenkrolle und der ersten Seilfixierung an dem ersten Seil angreift und die zweite Spannvorrichtung zwischen der zweiten  
15 Umlenkrolle und der zweiten Seilfixierung an dem zweiten Seil angreift. In solchen Ausführungen sind also mindestens zwei am Prüfkörper befestigte, zusätzlich fixierte Seile vorhanden. Diese Anordnungen können z.B. zum Beeinflussen einer vertikalen Auslenkung vorgesehen sein und/oder einer gezielten Kraftleinleitung in die horizontale Richtung durch Steuerung und/oder Regelung der einzelnen Spannvorrichtungen dienen.  
20

Alternativ zu den zusätzlich fixierten Seilen, sind Ausführungen vorgesehen, in denen das Seil wie oben kurz angedeutet frei bzw. unter Einfluss träger Massen laufen kann. Dabei kann das mindestens eine Seil ein erstes Seil umfassen,  
25 wobei sowohl der erste Seilabschnitt als auch der zweite Seilabschnitt Abschnitte dieses ersten Seils sind. Dann ist also das erste Seil über die erste Umlenkrolle und die zweite Umlenkrolle geführt und mit dem ersten und dem zweiten Angriffspunkt verbindbar. Gleichermäßen kann das mindestens eine Seil ein erstes Seil und ein zweites Seil umfassen, wobei der erste Seilabschnitt  
30 ein Abschnitt des ersten Seils ist und der zweite Seilabschnitt ein Abschnitt des zweiten Seils ist, wobei das erste und das zweite Seil miteinander verbunden sind. Die zwei Seile können sich dann also im Gleichlauf bewegen. Diese Variante kann in ihrer Funktionalität der Variante mit einem einzigen Seil entsprechen, wobei statt einem Seil zwei miteinander verbundene Teile vorhanden sind. Anders ausgedrückt, ist das Seil unterbrochen oder durchschnitten,  
35

wodurch bspw. Gegenstände wie träge Massen dazwischen angeordnet werden können. Die trägen Massen können aber natürlich auch, z.B. mit Seilklemmen, an einem einzigen Seil befestigt werden.

5 Insbesondere sieht also eine mögliche Ausführung vor, dass das mindestens eine Seil mit mindestens einer beweglichen Masse verbunden ist. Diese bewegliche Masse kann bei einer Auslenkung als träge Masse auf das Seil und dadurch auf den Prüfkörper wirken. Die bewegliche Masse kann als direktional entkoppelte Masse ausgestaltet sein, die bspw. nur eine Auslenkung des  
10 Prüfkörpers in eine bestimmte Richtung, z.B. die horizontale Richtung, beeinflusst.

Die bewegliche Masse kann, wie oben kurz angedeutet, insbesondere dadurch in Bewegung versetzt werden, dass das Seil bei einer z.B. horizontalen Auslenkung des Prüfkörpers über die Rollen läuft und so seiner Länge nach verschoben  
15 wird.

Die bewegliche Masse kann bspw. derart angeordnet sein, dass sie bei einem Auslenken des Prüfkörpers in eine Richtung mit einer Komponente längs zum Seil, zum Beispiel mit einer horizontalen Komponente, welches einen asymmetrischen Zug am ersten Seilabschnitt und zweiten Seilabschnitt bewirkt, eine Bewegung erfährt. Die bewegliche Masse kann bspw. derart angeordnet  
20 sein, dass sie bei einer rein vertikalen Auslenkung des Prüfkörpers nicht verschoben wird, so dass sie auf vertikale Auslenkung keinen Einfluss nimmt, sondern direktional entkoppelt nur bei Auslenkungen mit horizontaler Richtungskomponente auf den Prüfkörper wirkt.  
25

Die mindestens eine bewegliche Masse kann bspw. mittels eines Scharniers schwingbar gelagert sein und/oder über einen Hebelarm und/oder einen Winkelbalken mit dem mindestens einen Seil verbunden sein. Die mindestens eine bewegliche Masse kann beispielsweise auch längs zu dem mindestens einen Seil verschiebbar gelagert sein. Beispielsweise kann sie auf Rollen oder Kufen oder Schienen gelagert sein.  
30

35 Die bewegliche Masse kann z.B. auf einem horizontalen Schlitten angeordnet

sein. Sie wirkt dann auslenkungsunabhängig als träge Masse, abhängig von ihrer Geschwindigkeit und Beschleunigung. Eine durch die träge Masse verursachte Trägheitskraft wird dabei in das Seil eingeleitet. Eine Gewichtskraft der Masse aufgrund von auf die Masse wirkender Gravitation hat bei dieser Anordnung keinen Einfluss. Die bewegliche Masse kann aber alternativ beispielsweise auf einer Schräge, also nicht horizontal, gelagert sein. Sie kann dadurch auch so ausgelegt sein, dass eine Komponente der Gewichtskraft auf das Seil wirkt und dadurch eine konstante auslenkende Kraft auf den Prüfkörper in eine Richtung bewirkt wird. Die bewegliche Masse kann z.B. so angeordnet sein, dass eine Gewichtskraft auf die bewegliche Masse wirkt, durch die ein statischer Zug am ersten oder zweiten seitlichen Angriffspunkt bewirkt wird, durch den der Prüfkörper z.B. eine konstante Auslenkung in Richtung des Zuges erfahren kann. Anders formuliert wird durch solch eine Anordnung der Masse erreicht, dass eine Komponente der Gewichtskraft der beweglichen Masse auf das Seil wirkt, wodurch ein statischer Zug am ersten oder zweiten seitlichen Angriffspunkt bewirkt wird, durch den der Prüfkörper z.B. eine konstante Auslenkung in Richtung des Zuges erfahren kann.

Die bewegliche Masse kann eine oder mehrere horizontal verfahrbare Massen umfassen. Beispielsweise können die eine oder mehrere Massen unterstützend gelagert sein, so dass eine auf die bewegliche(n) Masse(n) wirkende Gewichtskraft keinen Zug am ersten oder zweiten seitlichen Angriffspunkt bewirkt. Die bewegliche Masse kann beispielsweise auf eine oder mehrere solcher beweglicher Massen beschränkt sein, so dass insgesamt kein gewichtskraftbedingter Zug entsteht.

Das mindestens eine Seil kann bspw. derart eingerichtet sein, dass es vom ersten seitlichen Angriffspunkt zur ersten Umlenkrolle läuft, wobei, vom Prüfkörper aus gesehen, nach der ersten Umlenkrolle die bewegliche Masse und die Spannvorrichtung an dem mindestens einen Seil angreifen, und wobei das mindestens eine Seil nach der beweglichen Masse und der Spannvorrichtung zur zweiten Umlenkrolle läuft und von der zweiten Umlenkrolle schließlich zu dem zweiten seitlichen Angriffspunkt läuft.

Es kann vorgesehen sein, dass die mindestens eine Spannvorrichtung eine erste Spannvorrichtung und eine zweite Spannvorrichtung umfasst, wobei das

mindestens ein Seil derart eingerichtet sein kann, dass es vom ersten seitlichen Angriffspunkt aus zur ersten Umlenkrolle läuft, wobei, vom Prüfkörper aus gesehen, nach der ersten Umlenkrolle zunächst die erste Spannvorrichtung an dem mindestens einen Seil angreift, anschließend die mindestens eine bewegliche Masse an dem mindestens einen Seil angreift, anschließend die zweite Spannvorrichtung an dem mindestens einen Seil angreift und das Seil dann von der zweiten Spannvorrichtung zur zweiten Umlenkrolle läuft und von der zweiten Umlenkrolle schließlich zu dem zweiten seitlichen Angriffspunkt läuft.

5

10

Die mindestens eine Spannvorrichtung kann zum Beispiel einen Spannaktor umfassen, der bspw. als elektrischer, hydraulischer oder pneumatischer Aktuator ausgebildet sein kann. Alternativ oder zusätzlich kann die mindestens eine Spannvorrichtung einen Motor und/oder eine Seilwinde und/oder eine Feder und/oder eine Blattfeder und/oder ein Spans Schloss und/oder einen oder mehrere Umlenkrollen und/oder einen Flaschenzug umfassen. Eine mögliche Spannvorrichtung kann beispielsweise alternativ oder auch zusätzlich eine Spansschraube bzw. Doppelmutter mit einem Rechts- und einem gegenläufigen Linksgewinde zum Spannen des Seils durch Kürzung dessen Gesamtlänge umfassen.

15

20

Die mindestens eine Spannvorrichtung kann als aktive Spannvorrichtung ausgestaltet sein, die einen Motor und/oder einen Aktuator umfasst, wobei der Motor und/oder der Aktuator steuerbar und/oder regelbar sein können.

25

Es kann vorgesehen sein, dass die erste Umlenkrolle und die zweite Umlenkrolle auf gleicher Höhe angeordnet sind.

Die Vorrichtung kann beispielsweise derart eingerichtet sein, dass sich der Prüfkörper in einem unausgelenkten Zustand durch eine Verbindungslinie von der ersten Umlenkrolle zur zweiten Umlenkrolle erstreckt, so dass der erste Seilabschnitt und der zweite Seilabschnitt mit dem Prüfkörper derart verbindbar sind, dass ein durch den ersten Seilabschnitt vermittelter Zug und ein durch den zweiten Seilabschnitt vermittelter Zug in entgegengesetzte Richtungen, insbesondere in genau entgegengesetzte Richtungen, wirken. Ein durch die Spannvorrichtung vermittelter Zug an den beiden Seilenden hebt sich

30

35

dann in der Ruhelage beispielsweise auf, wobei der durch die Spannvorrichtung vermittelte Zug über die beiden Seilabschnitte zu wirken beginnen kann, sobald eine Auslenkung des Prüfkörpers erfolgt, deren Bewegungsrichtung nicht mit der Ausrichtung der unausgelenkten Seilabschnitte übereinstimmt.

5

Die Vorrichtung kann aber auch derart eingerichtet sein, dass sich der Prüfkörper in einem unausgelenkten Zustand außerhalb einer Verbindungslinie von der ersten Umlenkrolle zur zweiten Umlenkrolle erstreckt, so dass der erste Seilabschnitt und der zweite Seilabschnitt mit dem Prüfkörper derart verbindbar sind, dass ein durch den ersten Seilabschnitt vermittelter Zug und ein durch den zweiten Seilabschnitt vermittelter Zug eine Vorspannung, insbesondere in eine Richtung mit einer vertikalen Richtungskomponente, auf den unausgelenkten Prüfkörper ausüben. Dann kann bspw. durch die mindestens eine Spannvorrichtung eine vertikale wirkende Kraft auf den Prüfkörper in Ruhelage ausgeübt werden.

10

15

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Figuren beispielhaft erläutert.

Darin zeigen:

20

Fig. 1 Eine Prüfanordnung zum Prüfen eines Rotorblatts einer Windenergieanlage, mit einem über zwei Umlenkrollen geführten Seil,

Fig. 2-3 eine Ausführung der Prüfanordnung mit einer Spannvorrichtung und einer beweglichen Masse mit einem Hebelarm,

25

Fig. 4-5 Ausführungen von beweglichen Massen,

Fig. 6 eine Ausführung der Prüfanordnung mit einer Spannvorrichtung und einer horizontal verschiebbaren beweglichen Masse,

Fig. 7-8 eine Ausführung der Prüfanordnung mit einer Spannvorrichtung,

30

Fig. 9-10 eine Ausführung der Prüfanordnung mit zwei Spannvorrichtungen und einer beweglichen Masse,

Fig. 11-12 eine Ausführung der Prüfanordnung mit unterschiedlich hoch angeordneten Umlenkrollen,

35

Fig. 13-14 eine Ausführung der Prüfanordnung mit zwei fixierten Seilen, und

Fig. 15-18 Ausführungen von Spannvorrichtungen.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zum Prüfen eines länglichen Prüfkörpers 1. Der Prüfkörper 1 in Form eines Rotorblatts einer Windenergieanlage ist an einer Einspannstelle 1' in eine Einspannvorrichtung 2 der Vorrichtung eingespannt, so dass er sich von der Einspannvorrichtung 2 aus seiner Länge nach in eine Längsrichtung mit einer horizontalen Richtungskomponente erstreckt.

Anmeldungsgemäße Vorrichtungen umfassen mindestens einen Aktuator 5A, 5B zum Auslenken des Prüfkörpers.

Gezeigt sind zwei Aktuatoren, die jeweils mit einem Boden 3 verbunden sind, wobei ein erster Aktuator zum Auslenken des Prüfkörpers in eine erste Auslenkungsrichtung und ein zweiter Aktuator zum Auslenken des Prüfkörpers in eine zweite Auslenkungsrichtung quer zur ersten Auslenkungsrichtung eingerichtet ist.

Der erste Aktuator ist als Vertikalaktuator 5A ausgestaltet, der in die Vertikale aktudierbar ist und über ein erstes Gelenk 11N mit dem Boden 3 und über ein zweites Gelenk 11M mit einem am Prüfkörper angeordneten Lastrahmen 4A verbunden ist.

Der zweite Aktuator ist als Horizontalaktuator 5B ausgebildet, zum Auslenken des Prüfkörpers 1 in eine zweite Auslenkungsrichtung mit einer horizontalen Richtungskomponente. Dieser Horizontalaktuator 5B ist ebenfalls in die Vertikale aktudierbar und ist dabei über ein erstes Gelenk 11N mit dem Boden verbunden und über ein zweites Gelenk 11K mit einem sich horizontal erstreckenden Hebelarm 9C verbunden. Dieser Hebelarm 9C ist dann an einem dem Aktuator abgewandten Ende über ein Scharnier 10C gegenüber dem Boden schwenkbar gelagert ist, und von diesem Ende aus erstreckt sich ein Winkelbalken 16A vertikal ( $90^\circ$  zum Hebelarm 9C) auf die Höhe des Prüfkörpers, wo der Winkelbalken 16A dann wiederum gelenkig über eine im wesentlichen horizontale Stange 8C und ein Gelenk 11J mit dem Lastrahmen 4A verbunden ist.

Die in den nachfolgenden Figuren erläuterten Ausführungen haben z.B. einen oder beide dieser Aktuatoren. Es versteht sich, dass die genaue Ausführung

der Aktuatoren hier nur beispielhaft wiedergegeben ist und Vertikalaktuatoren und Horizontalaktuatoren auch anders ausgestaltet werden können.

5 Eine Besonderheit des vorgestellten Prüfstands kann in dem Seil 12 gesehen werden, das zwischen den Aktuatoren und einer Spitze, d.h. einem der Einspannstelle 1' gegenüberliegenden Ende des Prüfkörpers 1, über einen weiteren Lastrahmen 4 am Prüfkörper 1 angreift. Zusätzlich oder alternativ können ein oder mehrere Seile auch zwischen Einspannstelle 1' und den Aktuatoren oder zwischen den Aktuatoren selbst angeordnet und am Prüfkörper befestigt  
10 werden.

Eine erste Umlenkrolle 13A ist auf einer ersten Seite des Prüfkörpers 1 angeordnet, so dass ein erster Seilabschnitt des Seils 12 über die erste Umlenkrolle 13A zu einem ersten seitlichen Angriffspunkt 11L am Lastrahmen 4 geführt und mit dem ersten Angriffspunkt 11L wie in der Figur gezeigt verbunden werden kann.  
15

Eine zweite Umlenkrolle 13B ist auf einer der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite des Prüfkörpers 2 angeordnet, so dass ein zweiter Seilabschnitt des Seils 12 über die zweite Umlenkrolle 13B zu einem zweiten seitlichen Angriffspunkt am Lastrahmen 4 geführt und mit dem zweiten Angriffspunkt verbunden werden kann, wobei der zweite seitliche Angriffspunkt dem ersten seitlichen Angriffspunkt entgegengesetzt ist. Eine Spannvorrichtung 18A mit einem Spannaktor 5C dient zum Spannen des Seils 12 und somit des ersten und des zweiten Seilabschnitts.  
20  
25

Bei einer Verwendung des Systems aus Fig. 1 wird also typischerweise der Prüfkörper mittels der Aktuatoren 5A und/oder 5B ausgelenkt, wobei durch die Spannvorrichtung 18A der erste und der zweite Seilabschnitt gespannt  
30 werden. Die Spannvorrichtung 18A kann als aktive Spannvorrichtung ausgestaltet sein, bei der der Aktuator 5C bzw. ein Motor regelbar ist. In einem Verfahren kann die Auslenkung überwacht und die Auslenkungsaktuatoren 5A, 5B sowie der Spannaktor 5C können geregelt werden. Wenn beispielsweise nur kleinere vertikalen Auslenkungen zu erwarten sind, kann es auch ausreichen, den Aktuator 5C vorzuspannen und still zu halten und nur über die  
35 Nachgiebigkeit des Seils selbst zu agieren.

Figur 1 zeigt dabei rein beispielhaft eine mögliche Seilkonfiguration. Diese Konfiguration ist auch in den Figuren 2 und 3 in einer Schnittansicht nochmals im Detail dargestellt ist. Im Rahmen dieser Anmeldung sind auch andere Seilkonfigurationen vorgesehen, die sich bspw. aus den Figuren 4 bis 18 ergeben und die in der Anordnung aus Figur 1 zusätzlich oder alternativ vorhanden sein können.

10 In möglichen Ausführungsformen ist der Prüfkörper 1 nicht vorgespannt, d.h. er wird nicht durch die Seilanordnung aus seiner Nulllage gebracht. In anderen Worten heben sich dann in der Ausgangslage die durch die opponierenden Seilabschnitte wirkenden Kräfte gegenseitig auf, und das Seil beginnt erst auf den Prüfkörper zu wirken, wenn eine Auslenkung stattfindet. Der Prüfkörper kann aber in möglichen Ausführungsformen auch eine Vorspannung in die Schlagrichtung und/oder in die Schwenkrichtung durch die Seilanordnung erfahren.

20 Figuren 2 und 3 zeigen einen Schnitt durch eine Ausführung der Prüfanordnung, die eine Spannvorrichtung und eine beweglichen Masse aufweist. Sie ist mit besonderem Vorteil bei einer uniaxialen Prüfung in die horizontale Schwenkrichtung einsetzbar.

25 Dabei greifen, vom Prüfkörper aus betrachtet hinter den Umlenkrollen 13A, 13B, die Spannvorrichtung 18A sowie eine bewegliche Masse 6 an dem Seil an.

30 Die Spannvorrichtung 18A ist eingerichtet zum Spannen des ersten und des zweiten Seilabschnitts und greift in einen zwischen der ersten und der zweiten Umlenkrolle liegenden dritten Seilabschnitt ein, wobei dieser dritte Seilabschnitt vom Prüfkörper aus gesehen hinter den beiden Umlenkrollen 13A, 13B liegt. Diese Spannvorrichtung umfasst einen Spannaktuator 5C, der am Boden 3 verankert ist und das Seil nach oben strafft, sowie eine Mehrzahl weiterer Umlenkrollen 13C, 13D, 13E, die das Seil über den Spannaktuator 5C führen.

35

Bei einer Verwendung des Systems aus Figuren 2 und 3 wird also beispielsweise der Prüfkörper nur mittels des Horizontalaktuators 5B ausgelenkt, wobei durch die Spannvorrichtung 18A der erste und der zweite Seilabschnitt gespannt werden. Wenn eine uniaxiale Prüfung in Schwenkrichtung vorgesehen ist kann auf den Vertikalaktuator verzichtet werden.

In der in Figuren 2 und 3 gezeigten Ausführung ist zudem, wie erwähnt, die bewegliche Masse 6 mit dem Seil 12 verbunden, die bei einer horizontalen Auslenkung des Prüfkörpers in Bewegung versetzt wird. Die bewegliche Masse lagert dabei auf einem Ende eines Hebelarms 9B, der an einer von der Masse 6 beabstandeten Stelle über ein Scharnier 10F schwenkbar mit dem Boden verbunden ist. An einem der Masse 6 entgegengesetzten Ende des Hebelarms 9B ist ein Winkelbalken 16C mit dem Hebelarm 9B verbunden, der mit dem Hebelarm 9B bspw. einen Winkel von  $110^{\circ}$ - $120^{\circ}$  einschließt. Der Winkelbalken 16C greift an einem Verbindungspunkt 15 z.B. über eine Seilklemme am Seil 12 an. Durch die Masse 6, auf die die Gewichtskraft wirkt, wird eine Vorbelastung auf das Seil eingebracht.

Bei einer horizontalen Bewegung des Prüfkörpers, etwa in die positive y-Richtung (in Schwenkrichtung des Rotorblatts), wie in Figuren 2 und 3 dargestellt, verfährt der Verbindungspunkt 15 auf einem kreisförmigen Verfahrpfad 17. Dabei wird die Masse 6 in Bewegung versetzt, wodurch Trägheitskräfte entstehen, die über den Winkelbalken und das Seil auf den Prüfkörper übertragen werden.

Der Winkelbalken 16C ist in der unausgelenkten Ausgangslage vorzugsweise etwa im  $90^{\circ}$ -Winkel zum Seil 12 ausgerichtet. Durch die Wahl eines langen Winkelbalkens 16C wird der Radius des Verfahrpfades 17 vergrößert, so dass er sich der linearen Seilstrecke von 13A nach 13E annähert.

Der Spannaktuator 5C wird bspw. so eingestellt oder geregelt, dass das Seil 12 bei einer zyklischen Horizontalanregung über eine gesamte Schwingungsperiode während einer dynamischen Anregung des Prüfkörpers in oder nahe seiner Systemeigenfrequenz in Schwenkrichtung über einer definierten Mindestzugvorspannung bleibt. Damit kann verhindert werden, dass das Seil nie an irgendeiner Stelle schlaff wird oder durchhängt. Fig. 2 zeigt den unausgelenkten

und Fig. 3 den entsprechend in Schwenkrichtung ausgelenkten Zustand des Prüfkörpers. Zu erkennen ist dort, dass das Seil am Verbindungspunkt 15 entlang des Verfahrpfades 17 umgelenkt und zwischen 13A und 13E gelängt wird. Diese Seil-Längung, kann mit einem aktiven Seillängen-Ausgleichelement, bspw. dem Aktuator 5C, ausgeglichen werden. Dies macht sich in der in der Figur sichtbaren Verringerung des Hubs deutlich.

Auch bei vorgesehener uniaxialer horizontaler Anregung kann es zu einer Auslenkung des Prüfkörpers in die vertikale Richtung kommen. Beim Auslenken des Prüfkörpers 1 in eine Richtung mit einer vertikalen Richtungskomponente wird ein Zug auf den ersten Seilabschnitt und den zweiten Seilabschnitt ausgeübt, wenn der erste und der zweite Seilabschnitt mit dem Prüfkörper verbunden sind, wobei durch die mindestens eine Spannvorrichtung 18A der erste und der zweite Seilabschnitt gespannt sind. Durch diese Spannung kann eine Rückstellkraft auf den Prüfkörper ausgeübt werden, die durch den Abstand zwischen den Umlenkrollen 13A und 13B einstellbar ist. Etwa wird in der Anordnung aus Figuren 2 und 3 ein verhältnismäßig großer Abstand zwischen den Umlenkrollen 13A und 13B gewählt, wodurch eine Rückstellkraft beispielsweise gering ist oder insbesondere für geringfügige vertikale Auslenkungen nahezu ausgeschaltet wird. Im Gegensatz dazu wird in Figuren 7 und 8 ein geringer Abstand gewählt, wodurch eine starke Rückstellkraft bereitgestellt werden kann. Dies wird auch später noch ausführlicher mit Bezug auf die Figuren 7 und 8 beschrieben.

Durch die Anordnung aus Figuren 2 und 3 können also die Trägheitskräfte, die mittels der schwingenden Masse 6 bereitgestellt werden, für eine horizontale Auslenkung in Schwenkrichtung gezielt eingebracht werden. Die Vorrichtung eignet sich damit besonders für eine uniaxiale Prüfung in Schwenkrichtung. Dabei können durch große Seillängen zwischen der ersten Umlenkrolle 13A und dem Angriffspunkt 11T, sowie zwischen der zweiten Umlenkrolle 13B und dem Angriffspunkt 11L bei eventuell auftretenden Auslenkungen mit Schlagrichtungsanteil parasitäre vertikale Rückstellkräfte minimiert werden, wenn diese im Versuch nicht gewünscht sind.

Figuren 4 und 5 beziehen sich auf weitere mögliche Ausführungsformen der oben erwähnten beweglichen Masse 6. Diese Alternativen kommen, ebenso

wie die bewegliche Masse aus Figuren 2-3 beispielsweise bei Vorrichtungen zum Einsatz, bei denen der erste und der zweite Seilabschnitt derart miteinander verbunden sind, dass sie als ein Seil wirken, d.h., bei denen das mindestens eine Seil 12 ein erstes Seil 12 umfasst und sowohl der erste Seilabschnitt als auch der zweite Seilabschnitt Abschnitte dieses ersten Seils 12 sind, so dass das erste Seil 12 über die erste Umlenkrolle 13A und die zweite Umlenkrolle 13B geführt ist und mit dem ersten und dem zweiten Angriffspunkt verbindbar ist, oder bei denen mindestens das eine Seil 12 ein erstes Seil 12 und ein zweites Seil 12A umfasst, wobei der erste Seilabschnitt ein Abschnitt des ersten Seils 12 ist und der zweite Seilabschnitt ein Abschnitt des zweiten Seils 12A ist, wobei das erste und das zweite Seil miteinander verbunden sind.

Dabei wird in der Regel das Seil oder die zwei Seile derart eingerichtet, dass es vom ersten seitlichen Angriffspunkt zur ersten Umlenkrolle 13 läuft, vom Prüfkörper 1 aus gesehen nach der ersten Umlenkrolle die bewegliche Masse 6 und die Spannvorrichtung 18 an dem mindestens einen Seil 12 angreifen, das mindestens eine Seil nach der beweglichen Masse 6 und der Spannvorrichtung 18 zur zweiten Umlenkrolle 13A läuft und von der zweiten Umlenkrolle (13B) zu dem zweiten seitlichen Angriffspunkt läuft.

In den Figuren 4 und 5 ist nun lediglich ein Seilausschnitt, der zwischen der ersten Umlenkrolle 13A und der Spannvorrichtung 18A liegt, gezeigt.

Fig. 4 zeigt eine Vorrichtung bei der zwei bewegliche Massen 6, 6' mittels eines Scharniers 10F schwingbar gelagert sind. Sie sind an entgegengesetzten Enden eines Balkens gelagert, der so einen doppelten Hebelarm 9B, einmal rechts vom Scharnier 10F, und einmal links vom Scharnier 10F, ausbildet. Dadurch können die Massen 6, 6' so eingerichtet sein, dass sie in der gezeigten Ausgangslage im Gleichgewicht sind und somit keine konstante Vorbelastung durch Gewichtskräfte über das Seil in die Schwenkrichtung des Prüfkörpers bewirken, im Unterschied zu der Anordnung aus Figuren 2 und 3. Über einen am Hebelarm-Balken 9B befestigten Winkelbalken 16C sind die Massen 6, 6' mit dem mindestens einen Seil 12 verbunden. Wenn der Prüfkörper z.B. zyklisch horizontal ausgelenkt wird, wirken die beiden beweglichen Massen 6, 6' als träge Massen.

Fig. 5 zeigt eine Anordnung einer beweglichen Masse, bei der die bewegliche Masse 6 längs zu dem mindestens einen Seil 12 verschiebbar gelagert ist. Sie ist dabei auf Rollen auf einer Schräge gelagert (kann aber bspw. auch auf Kufen oder Schienen o.ä. gelagert sein). Die Masse 6 sitzt dabei auf einem Schlitten 22, der zwischen zwei Seilen befestigt ist, so dass diese zwei Seile als ein einzelnes Seil wirken.

Dabei ist die bewegliche Masse 6 derart angeordnet ist, dass sie bei einem Auslenken des Prüfkörpers in eine Richtung mit einer Komponente längs zum Seil, also mit einer horizontalen Komponente, welches einen asymmetrischen Zug am ersten Seilabschnitt und zweiten Seilabschnitt bewirkt (bspw. nur an einem der Seilabschnitte einen Zug bewirkt), eine Bewegung erfährt. Aufgrund der schrägen Anordnung der beweglichen Masse 6 wirkt zusätzlich eine Komponente der Gewichtskraft der beweglichen Masse 6 auf das Seil, wodurch ein statischer Zug am ersten oder zweiten seitlichen Angriffspunkt bewirkt wird, durch den der Prüfkörper eine konstante Auslenkung in Richtung des Zuges erfahren kann.

Fig. 6 zeigt eine weitere Konfiguration einer beweglichen Masse 6. Hier ist zum besseren Verständnis wieder der gesamte Schnitt durch die Anordnung, ähnlich wie in Figuren 2-3 gezeigt. Die Anordnung ähnelt derjenigen aus Figur 5, da auch hier das mindestens eine Seil 12 ein erstes Seil und ein zweites Seil umfasst, wobei der erste Seilabschnitt ein Abschnitt des ersten Seils ist und der zweite Seilabschnitt ein Abschnitt des zweiten Seils ist, wobei das erste und das zweite Seil über den Schlitten 22, der die bewegliche Masse 6 trägt, miteinander verbunden sind. Auch hier ist die bewegliche Masse 6 längs zu dem mindestens einen Seil 12 verschiebbar auf Rollen (alternativ Kufen, Schienen etc.) gelagert und erfährt bei einem Auslenken des Prüfkörpers in eine Richtung mit einer Komponente längs zum Seil (zum Beispiel mit einer horizontalen Komponente) eine Bewegung. Dabei ist die bewegliche Masse 6 aber als horizontal verfahrbare Massen ausgebildet die unterstützend gelagert ist, so dass eine auf die beweglichen Masse 6 wirkende Gewichtskraft keinen Zug am ersten oder zweiten seitlichen Angriffspunkt bewirkt. Bspw. kann die Anordnung auf derartige bewegliche Massen 6 beschränkt sein, um wie in Fig. 4 jeglichen Zug in Ruheposition zu vermeiden. Um den Schlitten 22 horizontal

verfahrbar anordnen zu können, wird in dem Beispiel eine zusätzliche Umlenkrolle 13C' vorgesehen, um das Seil auf die Höhe der Umlenkrolle 13E der Spannvorrichtung 18A zu bringen.

5            Figures 7 und 8 zeigen eine weitere Schnittansicht einer möglichen Anordnung, die Vorteilhaft für eine uniaxiale Prüfung in Schlagrichtung (vertikale Auslenkung) verwendet werden kann. Dabei greift die Spannvorrichtung 18A ohne zusätzliche bewegliche Massen 6 zwischen der ersten Umlenkrolle 13A und der zweiten Umlenkrolle 13B am Seil an. Durch die Verformung des Prüfkörpers 1 in Schlagrichtung werden die Seilangriffswinkel an den Befestigungspunkten bzw. Gelenken 11T, 11L verändert, wodurch eine Rückstellkraft entgegen der Schlagverformung resultiert. Der Abstand wird zwischen erster Umlenkrolle 13A und erstem Gelenk 11T bzw. zwischen zweiter Umlenkrolle 13B und zweitem Gelenk 11L möglichst gering gewählt (oder es wird bei größerem Abstand die Seilkraft erhöht), so dass schon bei kleinen Schlag-Verformungen die Kraft des Seils hauptsächlich in Schlagrichtung  $x$  wirkt und die Seilkraftkomponente in Schwenkrichtung  $y$  minimiert wird. Um die Längung des Seils bei großen Auslenkung des Prüfkörpers auszugleichen, muss das Spannelement große Wege verfahren (wie in Fig. 8 gezeigt). Dabei entspricht der Verfahrensweg bei der gezeigten Anordnung etwa der vertikalen Auslenkung des Prüfkörpers. Ohne diesen Verfahrensweg würde das Seil sich nicht entsprechend längen können wodurch die Seilspannung und damit die Rückstellkraft zu groß würde und die erforderliche Prüfkörperauslenkung behindert wird und / oder das Seil seine die Belastungsgrenzen überschreitet. Der Spannaktor 5C muss dabei einen relativ großen Weg verfahren, um die Seilzugspannung aufrecht zu halten, damit der Prüfkörper 1 weit ausgelenkt werden kann (wie in Fig. 8 gezeigt). Dabei regelt der Spannaktor 5C die wirkende Federkraft (Rückstellkraft). Die Elastizität des Seiles kann bei der Steuerung oder Regelung des Spannaktors 5C vorteilhaft berücksichtigt werden, und kann insbesondere auch vorteilhaft für eine Federwirkung genutzt werden, wodurch weniger Hub im Aktuator 5C erforderlich sein kann.

35            Figures 9 und 10 zeigen eine Ausführung der Prüfanordnung mit zwei Spannvorrichtungen 18A, 18A' und einer beweglichen Masse 6, die besonders für eine biaxiale Anregung geeignet ist. Ähnlich wie im Fall der Figuren 2 und 3 wird die bewegliche Masse 6 beispielhaft an einem Hebelarm 9B befestigt, der

durch ein Scharnier 10F schwenkbar gelagert ist. Zwei gleichartig aufgebaute Spannvorrichtungen 18A, 18A', die beiderseits von der beweglichen Massenanordnung am Seil 12 angreifen, einmal links davon und einmal rechts davon, führen das Seil, ausgehend von den jeweiligen Umlenkrollen 13A, 13B auf gleiche Höhe, so dass es sich horizontal zwischen den beiden Spannvorrichtung 18A, 18A' erstreckt. Das Seil ist also derart eingerichtet, dass es vom ersten seitlichen Angriffspunkt zur ersten Umlenkrolle 13A läuft, vom Prüfkörper 1 aus gesehen nach der ersten Umlenkrolle 13 zunächst die erste Spannvorrichtung 18A' an dem mindestens einen Seil 12 angreift, anschließend die bewegliche Masse 6 an dem Seil 12 angreift, anschließend die zweite Spannvorrichtung 18A an dem Seil 12 angreift und das Seil von der zweiten Spannvorrichtung 18A zur zweiten Umlenkrolle 13B läuft und von der zweiten Umlenkrolle 13B zu dem zweiten seitlichen Angriffspunkt läuft. Der Hebelarm 9B wird mit seinem unteren Ende an einem Verbindungspunkt 15 mit dem Seil verbunden. Die bewegliche Masse 6 sitzt am oberen Ende des Hebelarms 9b. Der Verbindungspunkt bewegt sich bei horizontaler Auslenkung entlang des kreisbogenförmigen Verfahrpfades 17.

Im Gegensatz zu der Anordnung aus Figuren 2 und 3 sind die Umlenkrollen 13A und 13B in der Nähe des Prüfkörpers vorgesehen, so dass in die Seilabschnitte zwischen 13A und 11T sowie zwischen 13B und 11L bei vertikaler Auslenkung des Prüfkörpers 1 ein vergleichsweise starker Winkel eingebracht wird, der in einer signifikanten vertikalen Rückstellkraft resultiert. In der Vorrichtung aus Figuren 9 und 10 kann vorteilhaft, auch etwa durch entsprechende Einstellung des Abstands von der ersten Umlenkrolle 13A zum ersten Gelenk 11T, bzw. des Abstands von der zweiten Umlenkrolle 13B zum zweiten Gelenk 11L eine Minimierung parasitär wirkender Kräfte erreicht werden. Vorteilhaft ist, dass die Bewegung der entkoppelten beweglichen Masse 6 nicht durch Bewegungen des Prüfkörpers in Schlagrichtung beeinflusst wird. Dies wird insbesondere durch die zweite Spannvorrichtung 18A' ermöglicht. Die beiden Spannvorrichtungen 18A, 18A' gleichen die Längenänderung des Seils symmetrisch aus, wobei sich der Weg bzw. die Längung auf beide Spannaktuatoren 5C, 5C' aufteilt.

Die Vorrichtung kann bspw. derart eingerichtet sein, dass sich der Prüfkörper

1 in einem unausgelenkten Zustand durch eine Verbindungslinie von der ersten Umlenkrolle 13A zur zweiten Umlenkrolle 13B erstreckt, so dass der erste Seilabschnitt und der zweite Seilabschnitt mit dem Prüfkörper 1 derart verbindbar sind, dass ein durch den ersten Seilabschnitt vermittelter Zug und ein durch den zweiten Seilabschnitt vermittelter Zug in entgegengesetzte Richtungen, insbesondere in genau entgegengesetzte Richtungen, wirken.

Es ist aber auch möglich, dass sich der Prüfkörper 1 in einem unausgelenkten Zustand außerhalb einer Verbindungslinie von der ersten Umlenkrolle 13A zur zweiten Umlenkrolle 13B erstreckt, so dass der erste Seilabschnitt und der zweite Seilabschnitt mit dem Prüfkörper 1 derart verbunden sind, dass ein durch den ersten Seilabschnitt vermittelter Zug und ein durch den zweiten Seilabschnitt vermittelter Zug eine Vorspannung, insbesondere in eine Richtung mit einer vertikalen Richtungskomponente, auf den unausgelenkten Prüfkörper 1 ausüben.

In den Fällen der vorangehenden Figuren waren die Umlenkrollen 13A und 13B auf gleicher Höhe gezeigt. Es ist aber auch möglich, die Umlenkrollen 13A, 13B auf unterschiedlichen Höhen zu montieren, wie in Figuren 11 und 12 gezeigt. Die Vorrichtung entspricht beispielhaft ansonsten derjenigen aus den Figuren 9 und 10.

Diese Anordnung kann dazu verwendet werden, die Vorrichtung so einzurichten, dass sich der Prüfkörper 1 in einem unausgelenkten Zustand durch eine Verbindungslinie von der ersten Umlenkrolle 13A zur zweiten Umlenkrolle 13B erstreckt, so dass der erste Seilabschnitt und der zweite Seilabschnitt mit dem Prüfkörper 1 derart verbindbar sind, dass ein durch den ersten Seilabschnitt vermittelter Zug und ein durch den zweiten Seilabschnitt vermittelter Zug in genau entgegengesetzte Richtungen wirken, wobei dieser Zug entlang der Schwenkrichtung wirken kann, die bspw. nicht genau einer horizontalen Richtung entspricht. Dadurch kann auf die Blatteigenschaften und Blattgeometrie am Ort des Lastrahmens 4 eingegangen werden, wobei durch Höhenpositionierung der beiden Umlenkrollen 13A, 13B eine entsprechende Einstellung vorgenommen werden kann, die der gewünschten Lasteinleitung Rechnung trägt.

Figuren 13 und 14 zeigen einen Schnitt durch eine weitere mögliche Anordnung, die in der Vorrichtung zum Prüfen eines länglichen Prüfkörpers 1 zum Einsatz kommen kann. Sie unterscheidet sich von den vorherigen Anordnungen dadurch, dass das mindestens eine Seil ein erstes Seil 12T und ein zweites Seil 12L umfasst, wobei der erste Seilabschnitt ein Abschnitt des ersten Seils 12T ist, so dass das erste Seil 12T mit dem ersten Angriffspunkt verbunden ist, und der zweite Seilabschnitt ein Abschnitt des zweiten Seils 12L ist, so dass das zweite Seil 12L mit dem zweiten Angriffspunkt verbunden ist. Die Vorrichtung weist dabei eine erste Seilfixierung 13F auf zum Befestigen des ersten Seils 12T und eine zweite Seilfixierung 13F zum Befestigen des zweiten Seils 12L. Dadurch werden also zwei getrennte und getrennt wirkende Seile zur Verfügung gestellt. Die mindestens eine Spannvorrichtung 18 umfasst eine erste Spannvorrichtung 18B' und eine zweite Spannvorrichtung 18B. Die erste Spannvorrichtung 18B' greift zwischen der ersten Umlenkrolle 13A und der ersten Seilfixierung 13F' an dem ersten Seil 12T an und kann so das erste Seil 12T spannen. Die zweite Spannvorrichtung 18B greift zwischen der zweiten Umlenkrolle 13B und der zweiten Seilfixierung 13F an dem zweiten Seil 12L an und kann das zweite Seil 12L spannen.

Durch die Anordnung wird bei uniaxialer oder biaxialer Anregung eine Kontrolle ermöglicht. Bspw. kann durch Steuerung oder Regelung der Spannaktuatoren 5C, 5C' die Krafteinleitung für die Schwenkrichtung aktiv gesteuert werden („aktive Masse“), wodurch eine Wirkung ähnlich der der entkoppelten Masse simuliert werden kann, aber auch die Rückstellkraft für die Schlagrichtung lässt sich einstellen und regeln. Durch den Einsatz von Reglern können insbesondere Kraftamplitude und Einwirkungszeitpunkt eingestellt werden.

Figuren 15 bis 18 zeigen mögliche Ausführungsformen der Spannvorrichtungen. Vorgehend waren Spannvorrichtungen 18A, 18A', 18B, 18B' gezeigt, die jeweils einen Spannaktuator und Umlenkrollen umfassen. In sämtlichen Ausführungen können alternativ oder zusätzlich auch die Spannvorrichtungen aus den Figuren 15 bis 18 zum Einsatz kommen.

Figur 15 zeigt eine Spannvorrichtung 18C, bei der im Wesentlichen der Spannaktuator 5C durch eine Zug-Druckfeder 7 ersetzt wird. Diese Ausgestaltung

kann vorteilhaft sein für eine reine Aufrechterhaltung einer Mindestzugvorspannung sowie zum Wegausgleich wie bspw. im Zusammenhang mit Figuren 2 und 3 diskutiert.

5           Figur 16, zeigt eine Spannvorrichtung 18D, bei der ein Spannaktuator 5C mit einer Flaschenzuganordnung verbunden ist. Die Flaschenzuganordnung umfasst hier vier Umlenkrollen 13C', 13D', 13C'', 13D'', von denen zwei Umlenkrollen 13C', 13C'' an einer mit dem Spannaktuator 5C verbundenen Traverse 19 befestigt sind. Natürlich sind auch weniger oder mehr als vier Umlenkrollen  
10           möglich. So wird ein Zylinderweg des Spannactuators je nach Anzahl der Umlenkungen halbiert, gedrittelt, geviertelt, etc. (im gezeigten Beispiel halbiert). Dies kann Bauraum und Energie sparen, bspw. wenn ein Hydraulikaktuator verwendet wird.

15           FIG. 17 zeigt eine Ausführung, bei der die Spannvorrichtung 18E ein Seil 12B und eine Seilwinde 21 mit einem Motor 20 umfasst. Der Motor 20 kann ein Elektromotor sein und bspw. ein Getriebe aufweisen. Das Seil ist mit einer Traverse 19 eines Flaschenzugs verbunden (siehe die Erläuterungen zur Figur 16). Der Motor kann geregelt werden, um die gewünschte Spannung über das  
20           Seil 12B der Seilwindenkonstruktion in das mindestens eine Seil 12 der Prüfanordnung zu übertragen.

            Figur 18 zeigt eine Spannvorrichtung 18F, bei der eine Traverse 19 eines Flaschenzugs (vgl. wieder Fig. 16) mit einer vorgespannten Blattfeder 14 verbunden ist. Dadurch wird das Seil 12 der Prüfanordnung unter Zug vorgespannt.  
25           Zu diesem Zweck wird die Blattfeder so eingerichtet, dass sie während des Betriebs dauerhaft unter Zug ausgelenkt bleibt. Dank des durch den Flaschenzug verkürzten Wegs kann diese Blattfeder verhältnismäßig kompakt ausgelegt werden, d.h. sie ist kürzer, was zu verringerter Masse (die der Federwirkung entgegengesetzt wirkt) und zu geringerem Materialeinsatz und somit zu ver-  
30           ringerten Kosten führt.

## Bezugszeichenliste

	1	Prüfkörper
	1'	Einspannstelle
5	2	Einspannvorrichtung
	3	Boden
	4	Lastrahmen
	5A	Vertikalaktuator
	5B	Horizontalaktuator
10	5C	Spannaktuator
	6	Masse
	7	Feder
	8	Stange
	9	Hebelarm
15	10	Scharnier
	11	Gelenk
	12	Seil
	13A	Erste Umlenkrolle
	13B	Zweite Umlenkrolle
20	13F'	Erste Seilfixierung
	13F'	Zweite Seilfixierung
	14	Blattfeder
	15	Verbindungspunkt
	16	Winkelbalken
25	17	Verfahrfad
	18	Spannvorrichtung
	19	Traverse
	20	Motor
	21	Seilwinde
30	22	Schlitten

## Patentansprüche

5

1. Vorrichtung zum Prüfen eines länglichen Prüfkörpers (1), umfassend eine Einspannvorrichtung (2) zum Einspannen des Prüfkörpers (1), so dass dieser sich von der Einspannvorrichtung (2) aus seiner Länge nach in eine Längsrichtung mit einer horizontalen Richtungskomponente erstreckt,  
10                    mindestens einen Aktuator (5A, 5B) zum Auslenken des Prüfkörpers (1) ,  
                         mindestens ein Seil (12),  
                         eine erste Umlenkrolle (13A), die auf einer ersten Seite des Prüfkörpers (1) angeordnet ist, so dass ein erster Seilabschnitt des  
15                    mindestens einen Seils (12) über die erste Umlenkrolle zu einem ersten seitlichen Angriffspunkt am Prüfkörper (1) oder einem Lastrahmen (4) für den Prüfkörper (1) führbar und mit dem ersten Angriffspunkt verbindbar ist, und  
20                    eine zweite Umlenkrolle (13B), die auf einer der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite des Prüfkörpers (2) angeordnet ist, so dass ein zweiter Seilabschnitt (12L) des mindestens einen Seils (12) über die zweite Umlenkrolle zu einem zweiten seitlichen Angriffspunkt am Prüfkörper (1) oder dem Lastrahmen (4) für den Prüfkörper (1)  
25                    führbar und mit dem zweiten Angriffspunkt verbindbar ist, wobei der zweite seitliche Angriffspunkt dem ersten seitlichen Angriffspunkt entgegengesetzt ist,  
                         mindestens eine Spannvorrichtung (18) zum Spannen des ersten und des zweiten Seilabschnitts.

30

2. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der  
mindestens eine Aktuator (5A) einen ersten Aktuator (5A) umfasst zum Auslenken des Prüfkörpers in eine erste Auslenkungsrichtung und einen zweiten Aktuator (5B) zum Auslenken des Prüfkörpers in eine  
zweite Auslenkungsrichtung quer zur ersten Auslenkungsrichtung.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Aktuator (5A, 5B) einen Vertikalaktuator (5A) umfasst zum Auslenken des Prüfkörpers (1) mit einer vertikalen Richtungskomponente, wobei beim Auslenken des Prüfkörpers (1) in diese Richtung  
5 ein Zug auf den ersten Seilabschnitt und den zweiten Seilabschnitt ausgeübt wird, wenn der erste und der zweite Seilabschnitt mit dem Prüfkörper (1) verbunden sind, wobei die mindestens eine Spannvorrichtung (18) den ersten und den zweiten Seilabschnitt spannt so dass eine Rückstellkraft auf den ausgelenkten Prüfkörper (1) ausgeübt wird.
- 10 4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Aktuator (5A, 5B) einen Horizontalaktuator (5B) umfasst, zum Auslenken des Prüfkörpers (1) in eine zweite Auslenkungsrichtung mit einer horizontalen Richtungskomponente.
- 15 5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das mindestens eine Seil (12, 12T, 12L) ein erstes Seil (12T) und ein zweites Seil (12L) umfasst,  
wobei der erste Seilabschnitt ein Abschnitt des ersten Seils (12T) ist, so dass das erste Seil (12T) mit dem ersten Angriffspunkt verbindbar ist und  
20 der zweite Seilabschnitt ein Abschnitt des zweiten Seils (12L) ist, so dass das zweite Seil (12L) mit dem zweiten Angriffspunkt verbindbar ist,  
wobei die Vorrichtung eine erste Seilfixierung (13F) aufweist zum Befestigen des ersten Seils (12T) und eine zweite Seilfixierung (13F) aufweist zum Befestigen des zweiten Seils (12L),  
25 wobei die mindestens eine Spannvorrichtung (18) eine erste Spannvorrichtung (18B') und eine zweite Spannvorrichtung (18B) umfasst, wobei die erste Spannvorrichtung (18B') zwischen der ersten Umlenkrolle (13A) und der ersten Seilfixierung (13F') an dem ersten  
30 Seil (12T) angreift und die zweite Spannvorrichtung (18B) zwischen der zweiten Umlenkrolle (13B) und der zweiten Seilfixierung (13F) an dem zweiten Seil (12L) angreift.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
wobei das mindestens ein Seil (12) ein erstes Seil (12) umfasst  
und sowohl der erste Seilabschnitt als auch der zweite Seilabschnitt  
Abschnitte dieses ersten Seils (12) sind, so dass das erste Seil (12) über  
5 die erste Umlenkrolle (13A) und die zweite Umlenkrolle (13B) geführt  
ist und mit dem ersten und dem zweiten Angriffspunkt verbindbar ist,  
oder  
wobei das mindestens ein Seil (12) ein erstes Seil (12) und ein  
zweites Seil (12A) umfasst, wobei der erste Seilabschnitt ein Abschnitt  
10 des ersten Seils (12) ist und der zweite Seilabschnitt ein Abschnitt des  
zweiten Seils (12A) ist, wobei das erste und das zweite Seil miteinander  
verbunden sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei das mindestens ein Seil (12) mit  
mindestens einer beweglichen Masse (6) verbunden ist.
- 15 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei die mindestens eine bewegliche  
Masse (6) mittels eines Scharniers (10) schwingbar gelagert ist und/o-  
der über einen Hebelarm (9) und/oder einen Winkelbalken (16) mit  
dem mindestens ein Seil (12) verbunden ist und/oder wobei die  
mindestens eine bewegliche Masse (6) längs zu dem mindestens ein  
20 Seil (12) verschiebbar gelagert ist, insbesondere auf Rollen oder Kufen  
oder Schienen, beispielsweise auf einer Schräge.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, wobei die bewegliche Masse (6)  
derart angeordnet ist, dass sie bei einem Auslenken des Prüfkörpers in  
eine Richtung mit einer Komponente längs zum Seil, zum Beispiel mit  
25 einer horizontalen Komponente, welche einen asymmetrischen Zug  
am ersten Seilabschnitt und zweiten Seilabschnitt bewirkt, eine Bewe-  
gung erfährt.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei die bewegliche  
Masse (6) so angeordnet ist, dass eine Gewichtskraft auf die bewegli-  
30 che Masse (6) wirkt, durch die ein statischer Zug am ersten oder zwei-  
ten seitlichen Angriffspunkt bewirkt wird, durch den der Prüfkörper  
eine konstante Auslenkung in Richtung des Zuges erfährt.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei die bewegliche Masse (6) eine oder mehrere horizontal verfahrbare Massen umfasst und/oder eine oder mehrere Massen umfasst, die unterstützend gelagert ist/sind, so dass eine auf die bewegliche(n) Masse(n) (6) wirkende Gewichtskraft keinen Zug am ersten oder zweiten seitlichen Angriffspunkt bewirkt, wobei die bewegliche Masse (6) beispielsweise auf eine oder mehrere derartige Massen beschränkt ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, wobei das mindestens eine Seil derart eingerichtet ist, dass es vom ersten seitlichen Angriffspunkt zur ersten Umlenkrolle (13) läuft, vom Prüfkörper (1) aus gesehen nach der ersten Umlenkrolle die bewegliche Masse (6) und die Spannvorrichtung (18) an dem mindestens einen Seil (12) angreifen, das mindestens ein Seil nach der beweglichen Masse (6) und der Spannvorrichtung (18) zur zweiten Umlenkrolle (13A) läuft und von der zweiten Umlenkrolle (13B) zu dem zweiten seitlichen Angriffspunkt läuft.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, eine erste Spannvorrichtung (18A') und eine zweite Spannvorrichtung (18A) umfassend, wobei das mindestens ein Seil derart eingerichtet ist, dass es vom ersten seitlichen Angriffspunkt zur ersten Umlenkrolle (13A) läuft, vom Prüfkörper (1) aus gesehen nach der ersten Umlenkrolle (13A) zunächst die erste Spannvorrichtung (18A') an dem mindestens einen Seil (12) angreift, anschließend die mindestens eine bewegliche Masse (6) an dem mindestens einen Seil (12) angreift, anschließend die zweite Spannvorrichtung (18A) an dem mindestens einen Seil (12) angreift und das Seil von der zweiten Spannvorrichtung (18A) zur zweiten Umlenkrolle (13B) läuft und von der zweiten Umlenkrolle (13B) zu dem zweiten seitlichen Angriffspunkt läuft.
14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die mindestens eine Spannvorrichtung (18) einen Spannaktuator (5C, 5C'), insbesondere in Form eines elektrischen, hydraulischen oder pneumatischen Aktuators, aufweist und/oder einen Motor (20) und/oder eine Seilwinde (21) und/oder eine Feder (7) und/oder eine Blattfeder (14)

und/oder einen oder mehrere Umlenkrollen und/oder einen Flaschenzug.

- 5 15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Spannvorrichtung (18) als aktive Spannvorrichtung ausgestaltet ist, die einen Motor und/oder einen Aktuator umfasst, wobei der Motor und/oder der Aktuator steuerbar und/oder regelbar ist.
16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Umlenkrolle (13A) und die zweite Umlenkrolle (13B) auf gleicher Höhe angeordnet sind.
- 10 17. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, derart eingerichtet, dass sich der Prüfkörper (1) in einem unausgelenkten Zustand durch eine Verbindungslinie von der ersten Umlenkrolle (13A) zur zweiten Umlenkrolle (13B) erstreckt, so dass der erste Seilabschnitt und der zweite Seilabschnitt mit dem Prüfkörper (1) derart verbindbar sind, dass ein durch den ersten Seilabschnitt vermittelter Zug und ein durch den zweiten Seilabschnitt vermittelter Zug in entgegengesetzte Richtungen, insbesondere in genau entgegengesetzte Richtungen, wirken.
- 15 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-16, derart eingerichtet, dass sich der Prüfkörper (1) in einem unausgelenkten Zustand außerhalb einer Verbindungslinie von der ersten Umlenkrolle (13A) zur zweiten Umlenkrolle (13B) erstreckt, so dass der erste Seilabschnitt und der zweite Seilabschnitt mit dem Prüfkörper (1) derart verbindbar sind, dass ein durch den ersten Seilabschnitt vermittelter Zug und ein durch den zweiten Seilabschnitt vermittelter Zug eine Vorspannung, insbesondere in eine Richtung mit einer vertikalen Richtungskomponente, auf den unausgelenkten Prüfkörper (1) ausüben.
- 20 25 19. System zum Prüfen eines länglichen Prüfkörpers (1), umfassend die Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche sowie den Prüfkörper (1), wobei der Prüfkörper in die Einspannvorrichtung (2) eingespannt ist, so dass er sich von der Einspannvorrichtung (2) aus
- 30

seiner Länge nach in die Längsrichtung mit der horizontalen Richtungskomponente erstreckt, wobei der erste Seilabschnitt mit dem ersten seitlichen Angriffspunkt verbunden ist und der zweite Seilabschnitt mit dem zweiten Angriffspunkt verbunden ist.

- 5            20.    Verfahren zum Prüfen eines länglichen Prüfkörpers unter Verwendung eines Systems nach Anspruch 19, wobei der Prüfkörper (1) mittels des mindestens einen Aktuators (5A) ausgelenkt wird und mittels der mindestens einen Spannvorrichtung (18) der erste und der zweite Seilabschnitt gespannt werden.
- 10           21.    Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Prüfkörper in eine Richtung mit einer vertikalen Richtungskomponente ausgelenkt wird, so dass durch das mindestens eine Seil eine Rückstellkraft auf den vertikal ausgelenkten Prüfkörper (1) ausgeübt wird.
- 15           22.    Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, wobei der Prüfkörper in eine Richtung mit einer horizontalen Richtungskomponente ausgelenkt wird, und das mindestens eine Seil die horizontale Auslenkung toleriert und in Reaktion auf die Auslenkung über die erste und die zweite Umlenkrolle (13A, 13B) läuft, wobei die Auslenkung beispielsweise durch mindestens eine mit dem mindestens einen Seil (12) verbundene bewegliche Masse (6) beeinflusst wird.
- 20

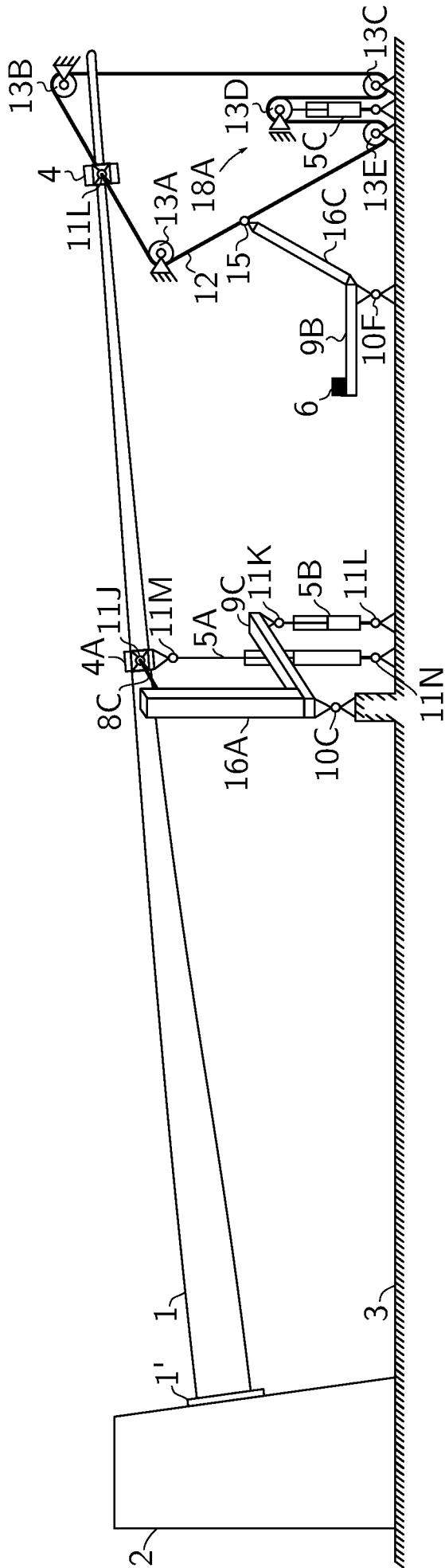


FIG. 1

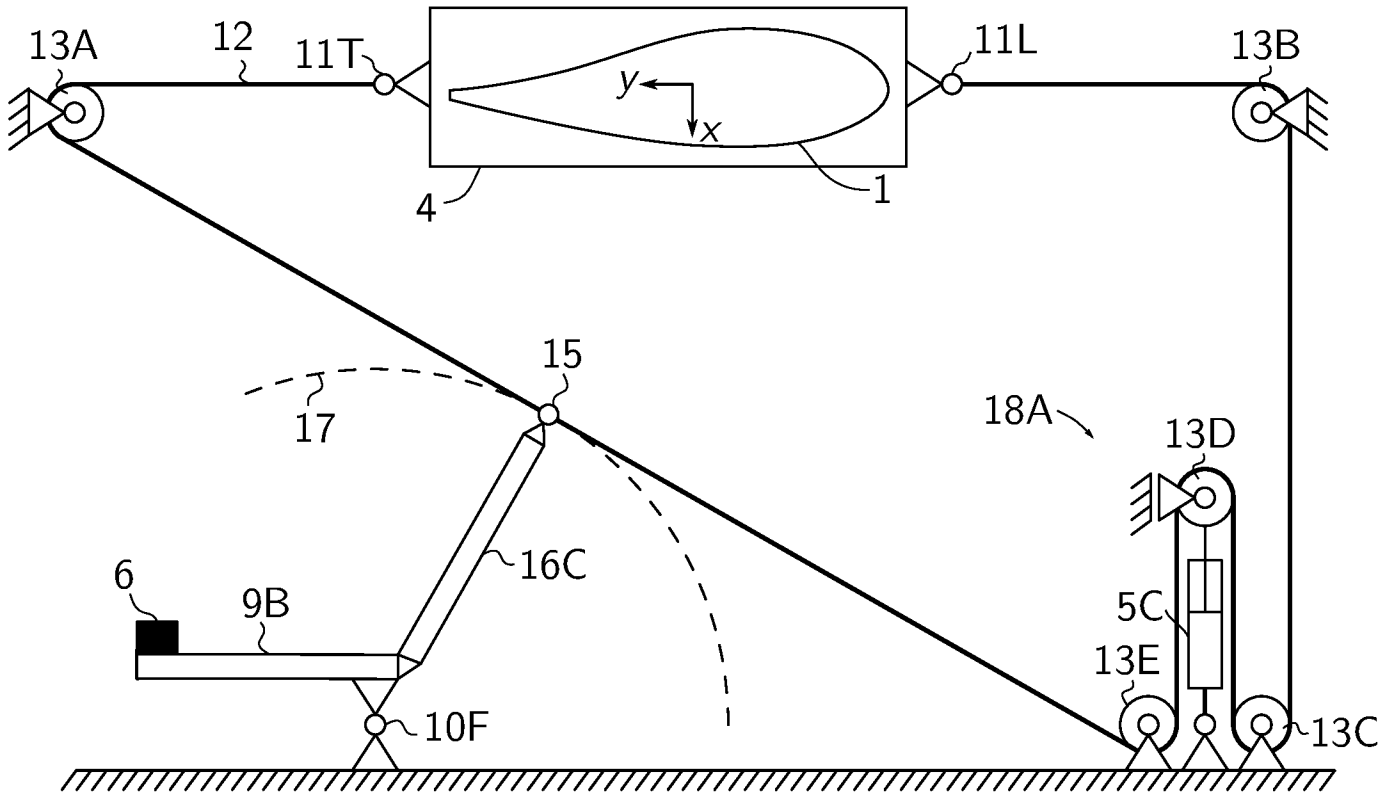


FIG. 2

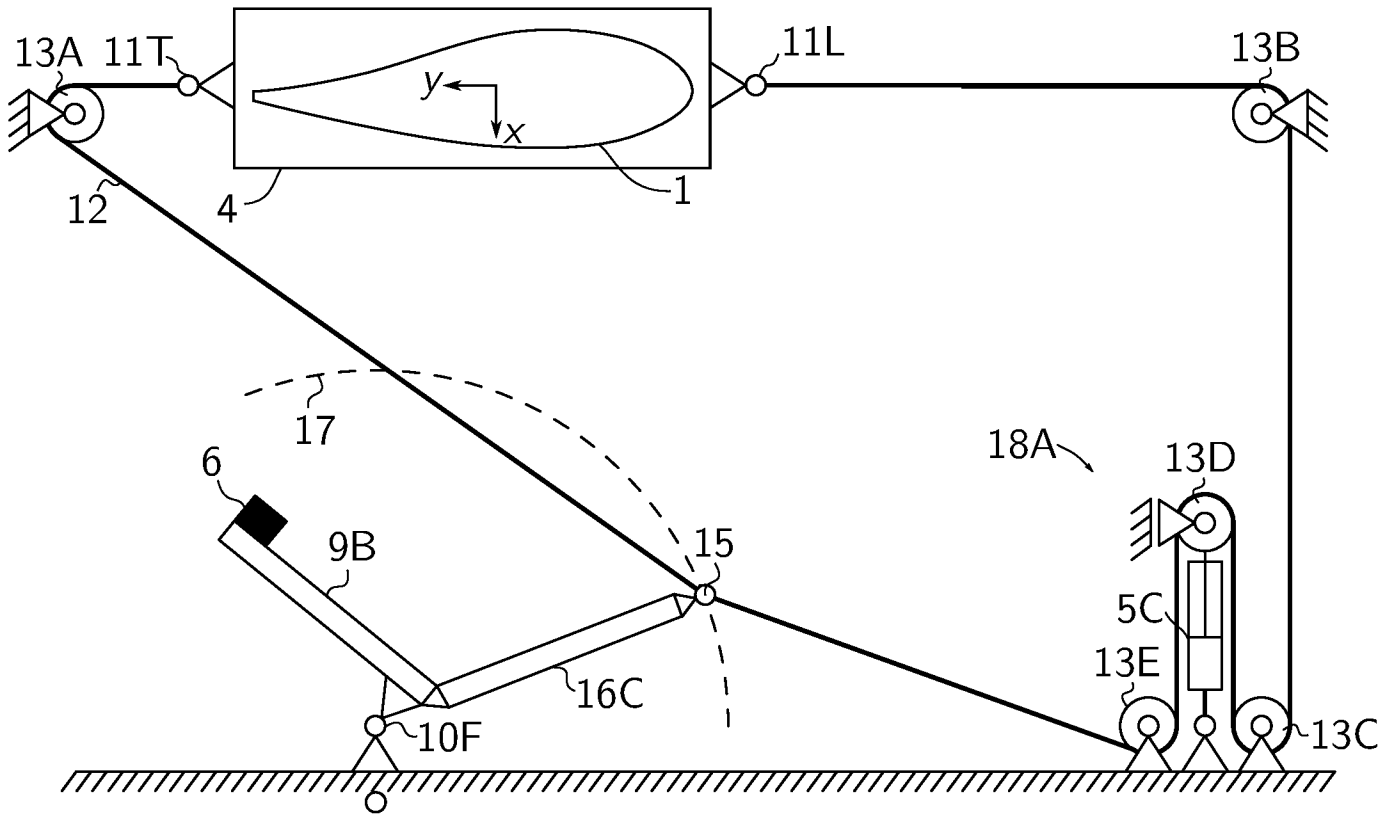


FIG. 3

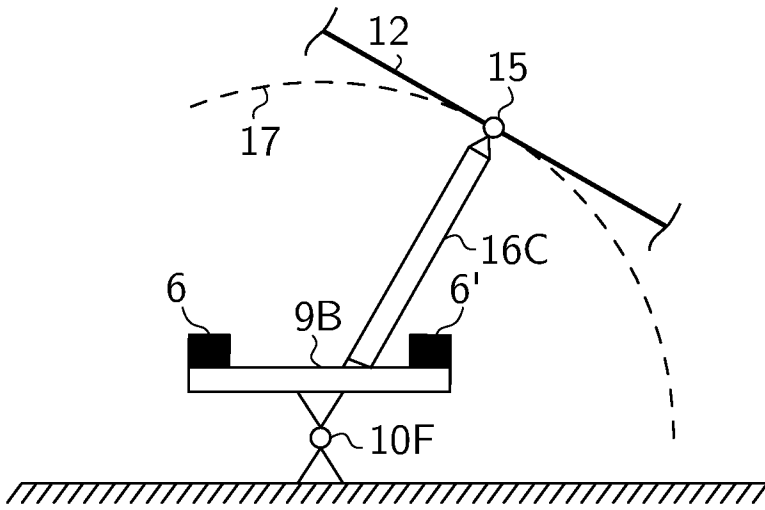


FIG. 4

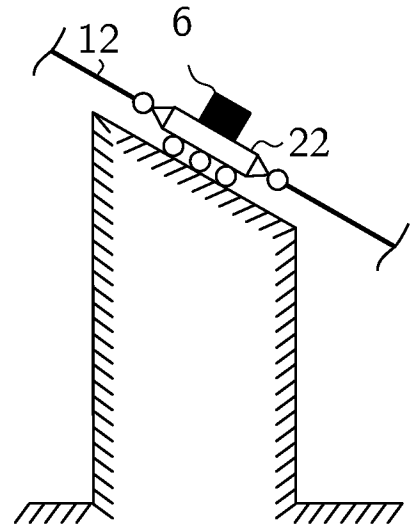


FIG. 5

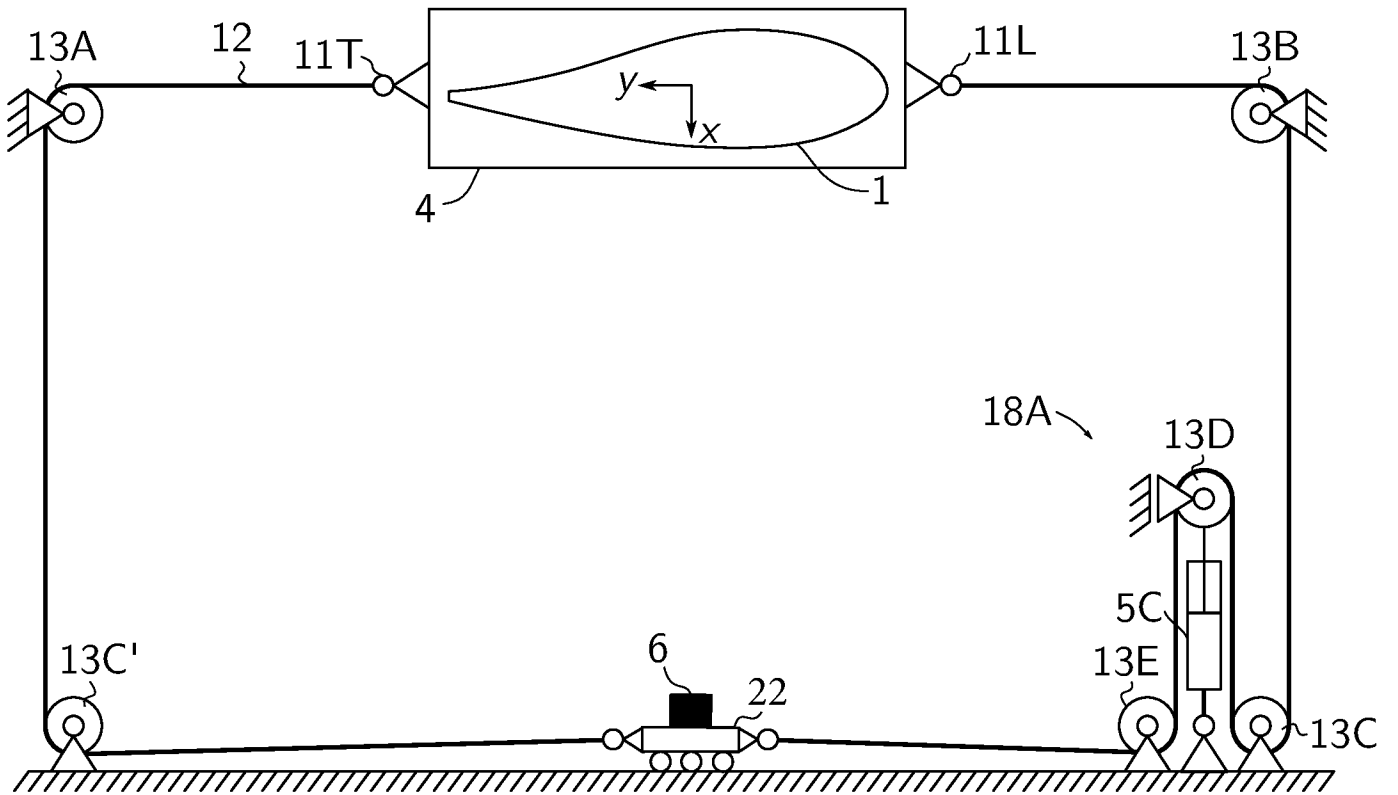


FIG. 6

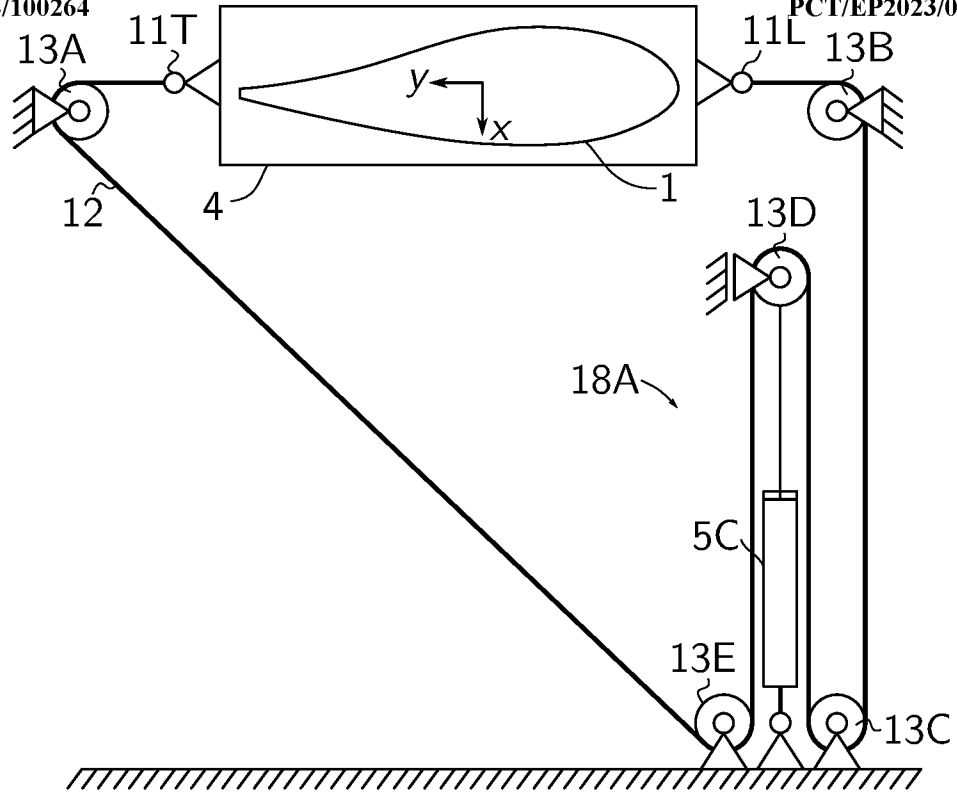


FIG. 7

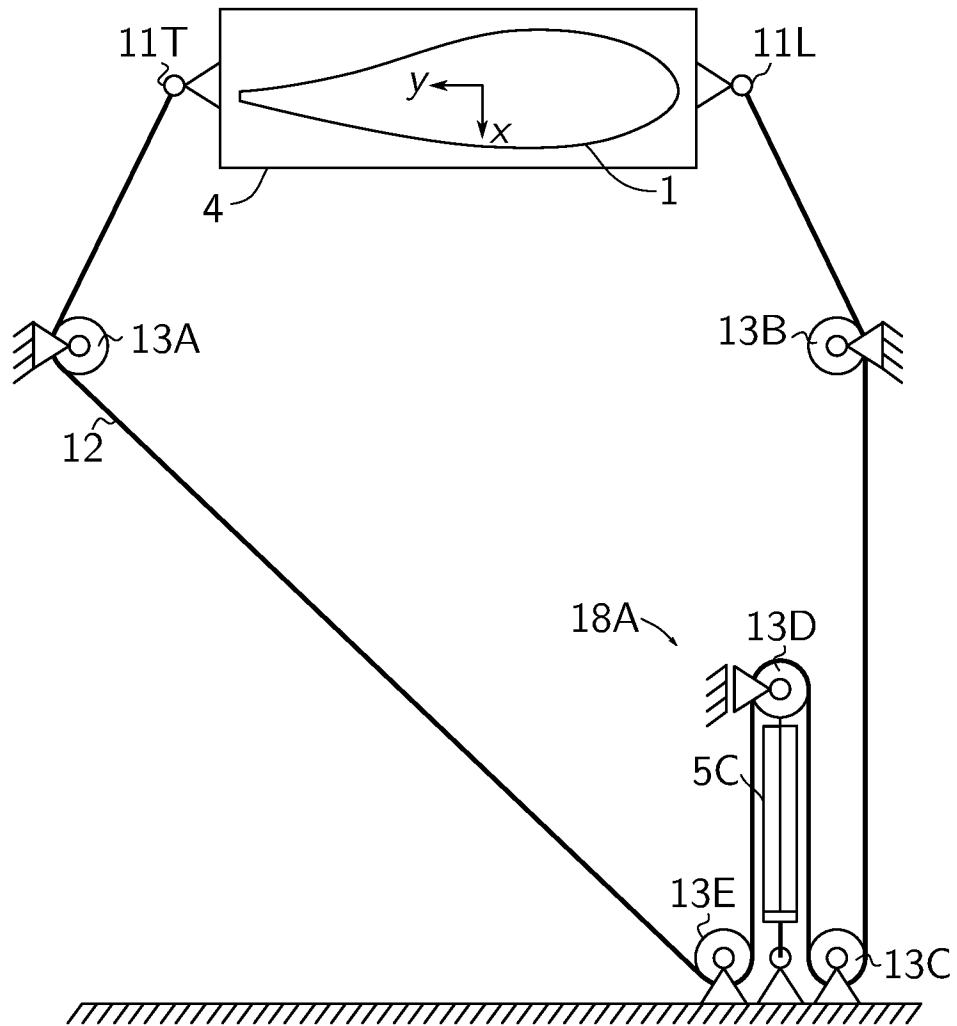


FIG. 8

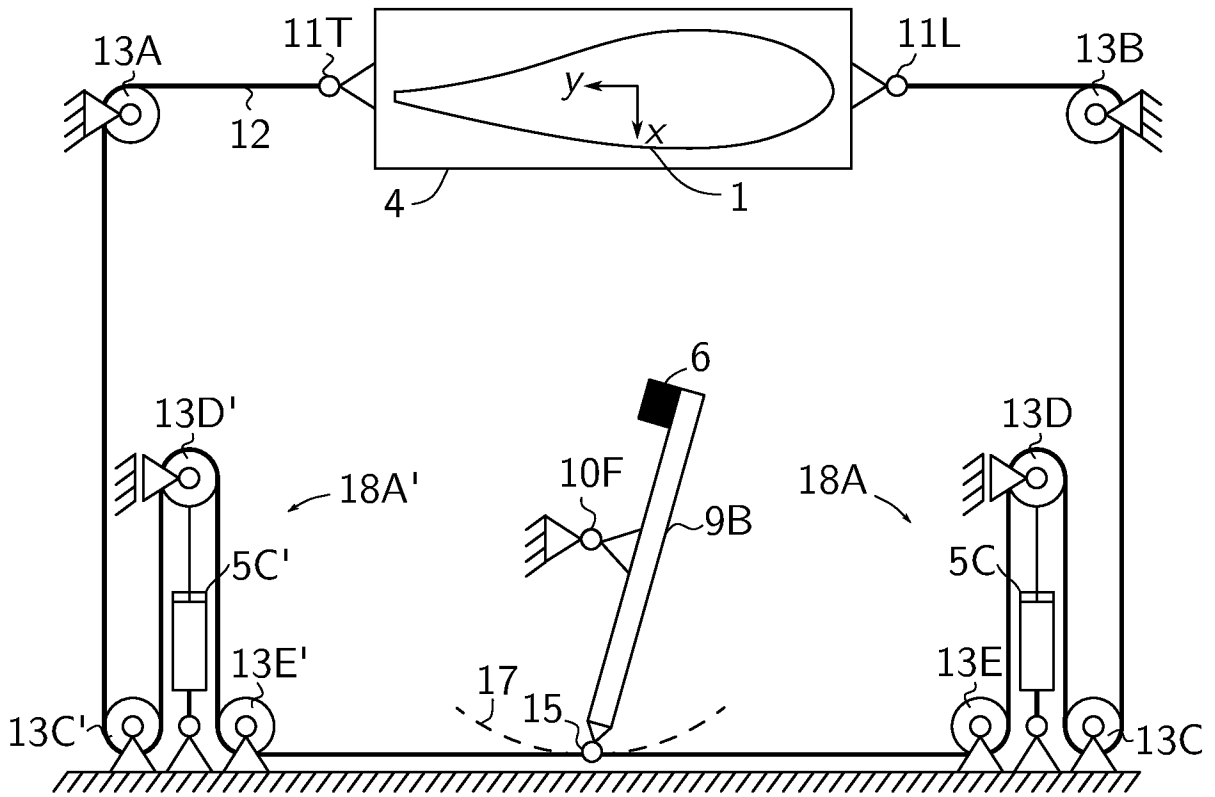


FIG. 9

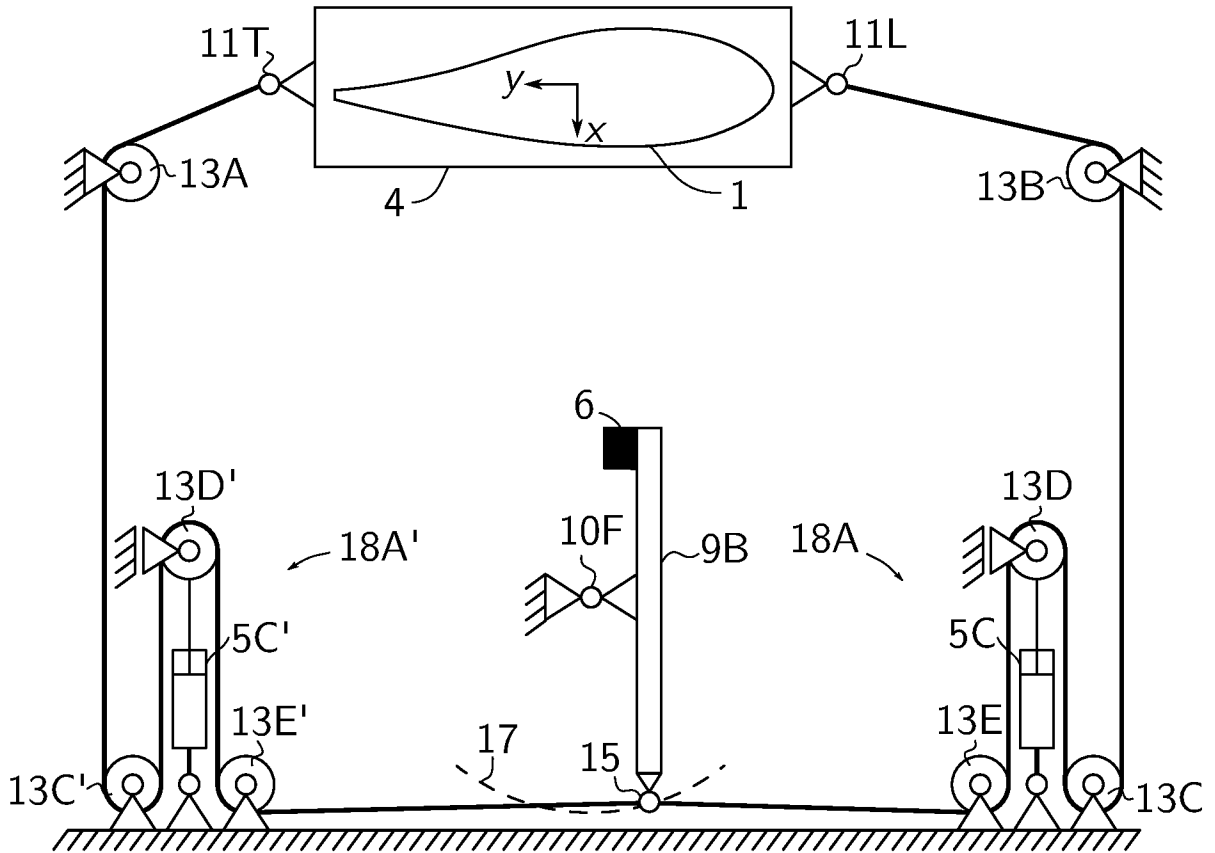


FIG. 10

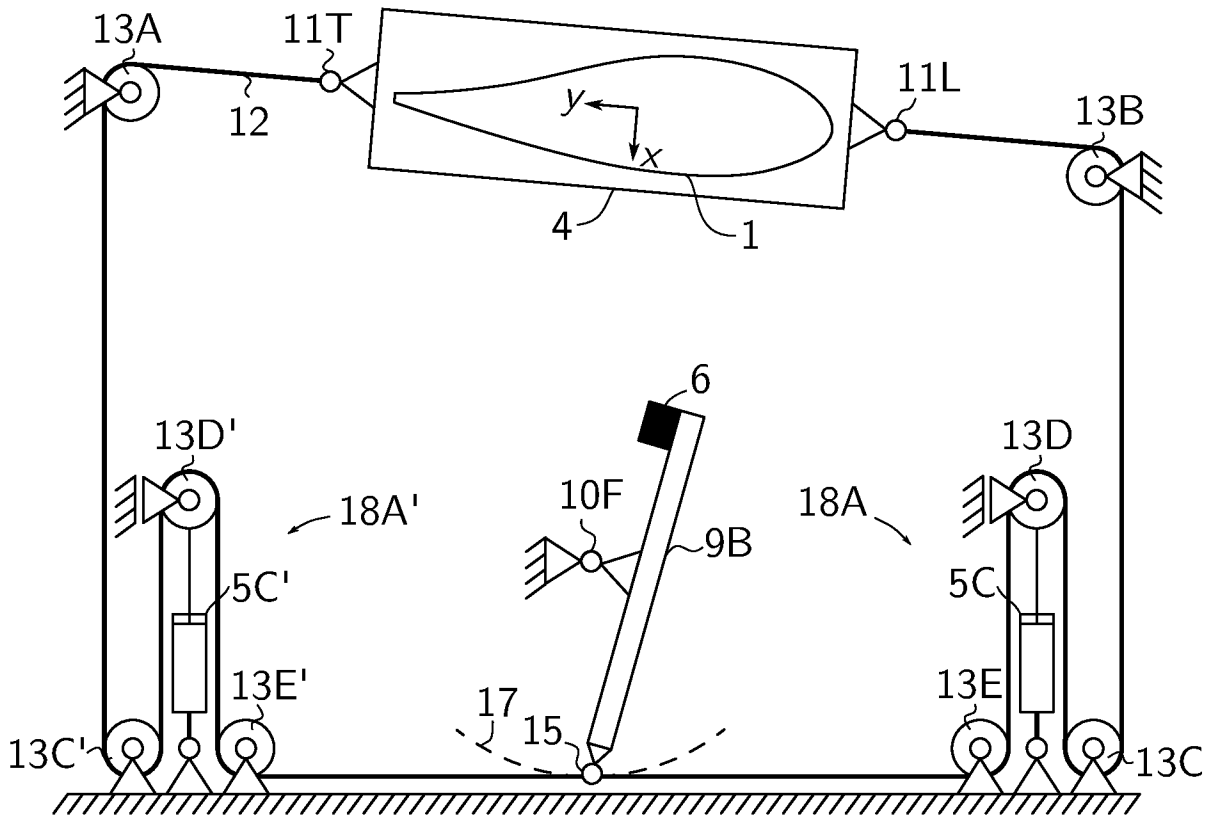


FIG. 11

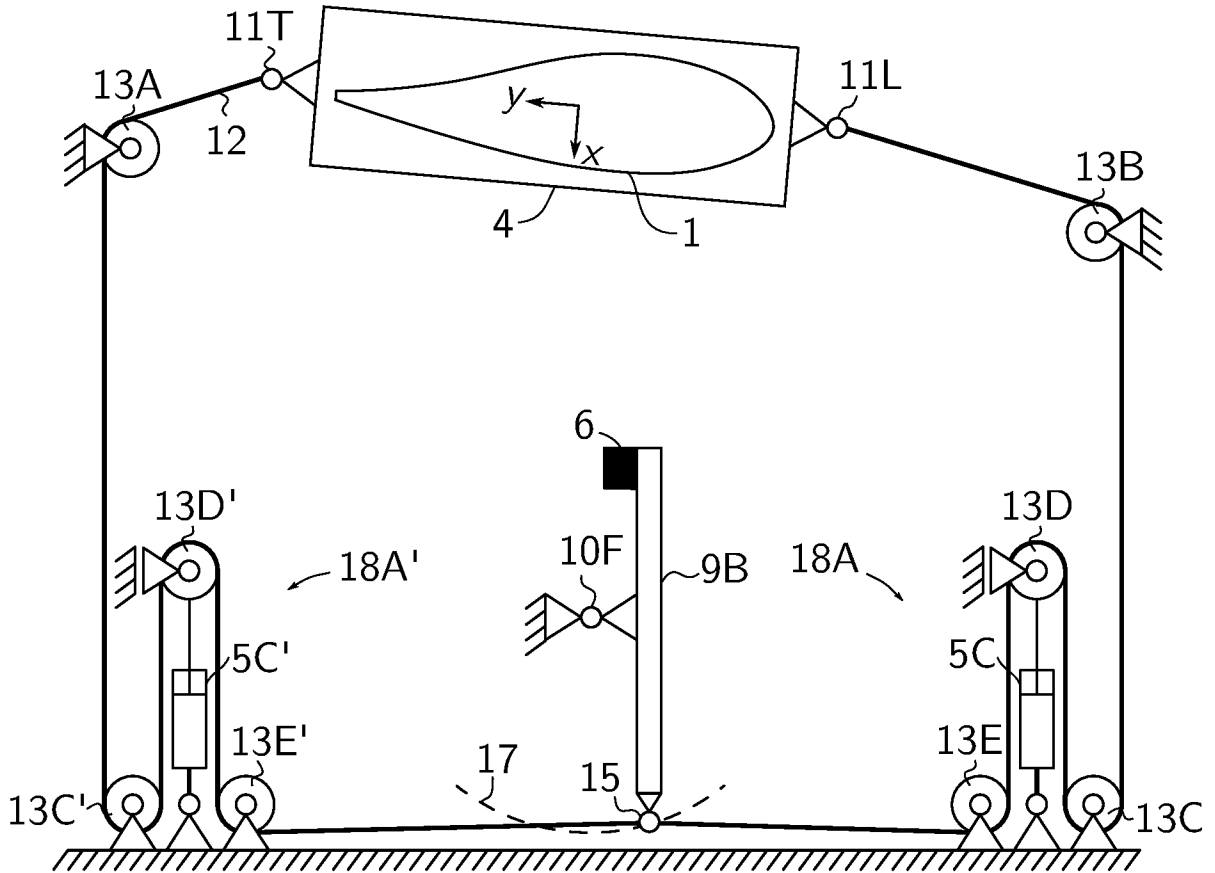


FIG. 12

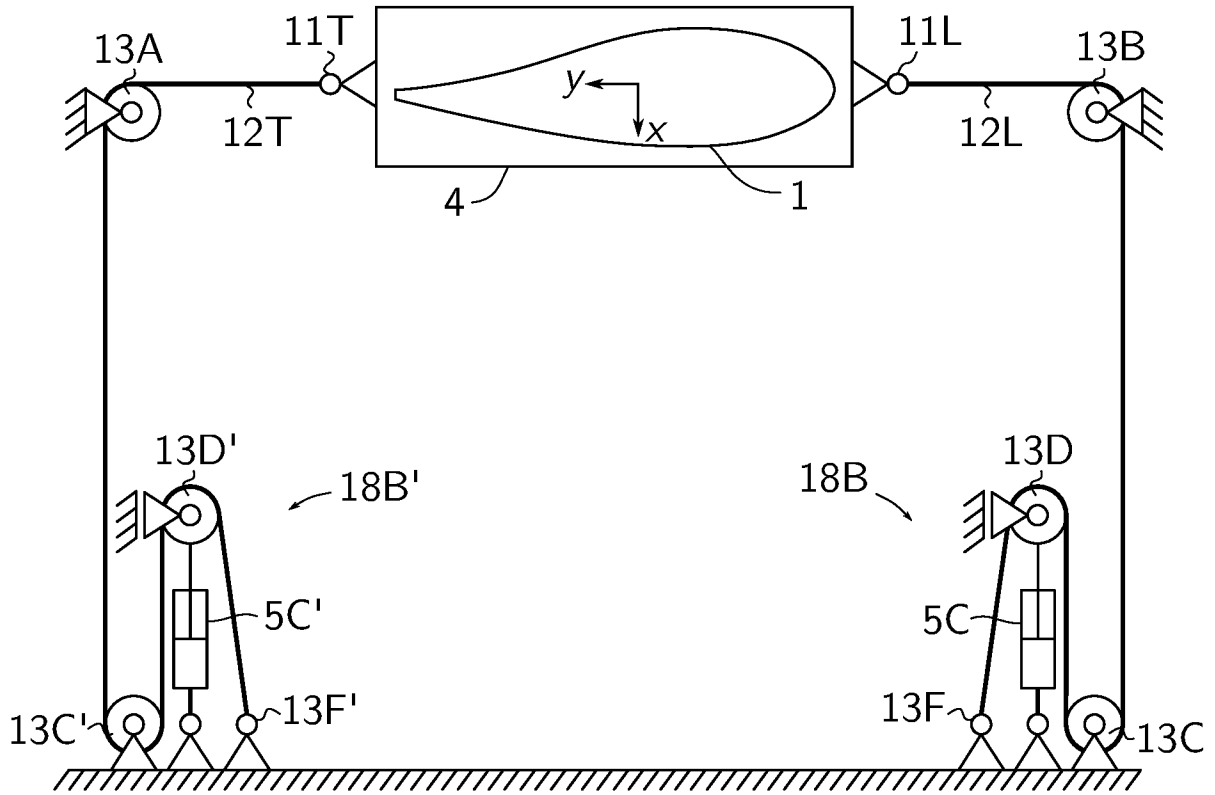


FIG. 13

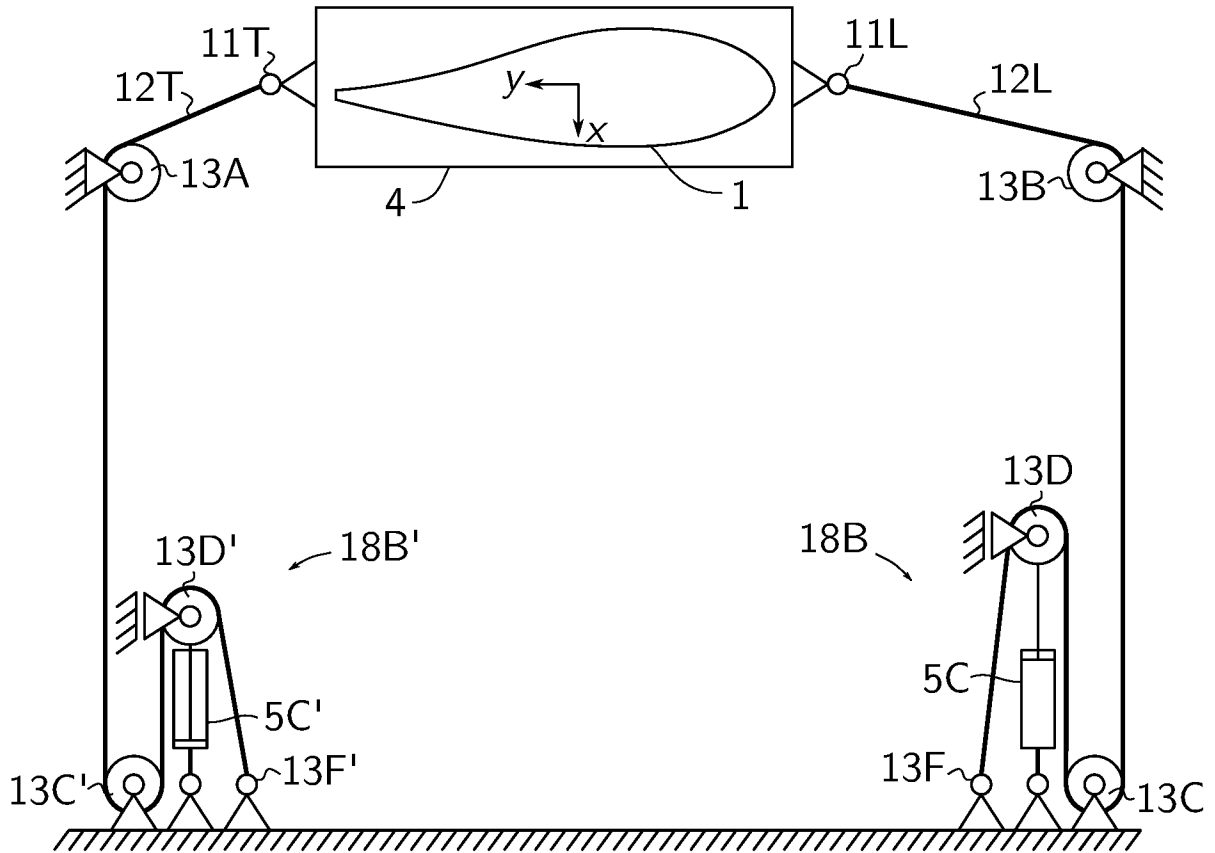
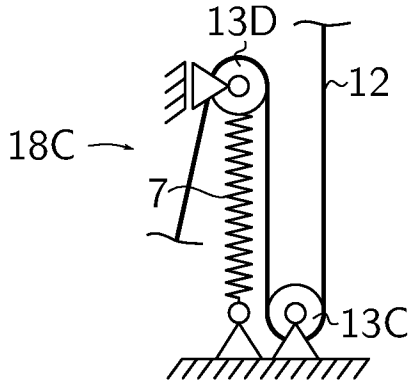
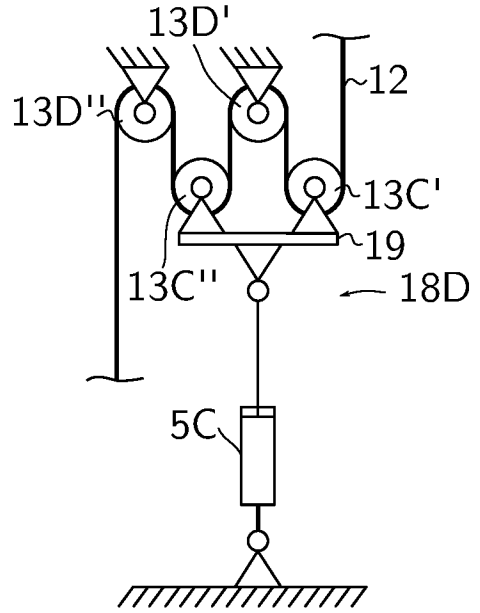


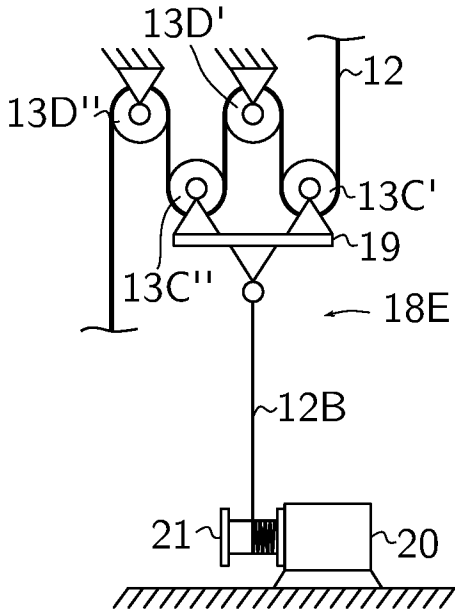
FIG. 14



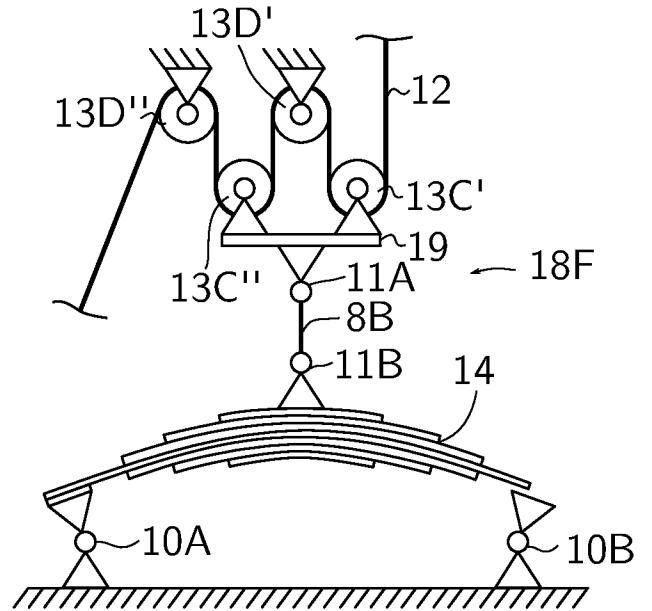
**FIG. 15**



**FIG. 16**



**FIG. 17**



**FIG. 18**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/081463

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <b>G01M 5/00</b> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2017241860 A1 (RICHARDS WILLIAM DAVID [GB] ET AL) 24 August 2017 (2017-08-24) abstract figures 1, 6	1-22
A	Winkler Erich. "Schweissnaht durchleuchten" <i>Technik Windkraft</i> , 31 December 2010 (2010-12-31), pages 1-3, Retrieved from the Internet: <a href="https://www.all-electronics.de/wp-content/uploads/migrated/article-pdf/59154/ee10-04-018.pdf">https://www.all-electronics.de/wp-content/uploads/migrated/article-pdf/59154/ee10-04-018.pdf</a> [retrieved on 2024-01-09] XP093117252 § "Rotors under load"	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>09 January 2024</b>		Date of mailing of the international search report <b>19 January 2024</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Grewe, Clemens F.</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2023/081463**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017241860	A1	24 August 2017	CN	107110736	A	29 August 2017
				DK	3198255	T3	11 March 2019
				EP	3198255	A1	02 August 2017
				US	2017241860	A1	24 August 2017
				WO	2016045684	A1	31 March 2016
-----							

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b>		
INV. G01M5/00		
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )		
G01M		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2017/241860 A1 (RICHARDS WILLIAM DAVID [GB] ET AL) 24. August 2017 (2017-08-24) Zusammenfassung Abbildungen 1, 6	1-22
A	Winkler Erich: "Schweissnaht durchleuchten", Technik Windkraft, 31. Dezember 2010 (2010-12-31), Seiten 1-3, XP093117252, Gefunden im Internet: URL: <a href="https://www.all-electronics.de/wp-content/uploads/migrated/article-pdf/59154/ee10-04-018.pdf">https://www.all-electronics.de/wp-content/uploads/migrated/article-pdf/59154/ee10-04-018.pdf</a> [gefunden am 2024-01-09] "Rotoren unter Belastung"	1
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
9. Januar 2024	19/01/2024	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Grewe, Clemens F.	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/EP2023/081463**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>US 2017241860 A1</b>	<b>24-08-2017</b>	<b>CN 107110736 A</b>	<b>29-08-2017</b>
		<b>DK 3198255 T3</b>	<b>11-03-2019</b>
		<b>EP 3198255 A1</b>	<b>02-08-2017</b>
		<b>US 2017241860 A1</b>	<b>24-08-2017</b>
		<b>WO 2016045684 A1</b>	<b>31-03-2016</b>
-----			