

(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
5. Oktober 2017 (05.10.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/167814 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F03D 17/00 (2016.01) *G01B 11/245* (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/057436
- (22) Internationales Anmeldedatum:
29. März 2017 (29.03.2017)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2016 205 469.4 1. April 2016 (01.04.2016) DE
- (71) Anmelder: **WOBEN PROPERTIES GMBH** [DE/DE];
Borsigstraße 26, 26607 Aurich (DE).
- (72) Erfinder: **SWEERS, Heiner**; Graf-Haeseler-Straße 74,
28205 Bremen (DE). **ALTMIKUS, Andree**; Haxtumer
Ring 16, 26605 Aurich (DE).
- (74) Anwälte: **EISENFÜHR SPEISER** et al.; Postfach 10 60
78, 28060 Bremen (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, CZ, DE, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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)

(54) Title: MEASURING SYSTEM FOR MEASURING A SURFACE OF A ROTOR BLADE OF A WIND TURBINE

(54) Bezeichnung : MESSSYSTEM ZUR VERMESSUNG EINER OBERFLÄCHE EINES ROTORBLATTES EINER
WINDENERGIEANLAGE

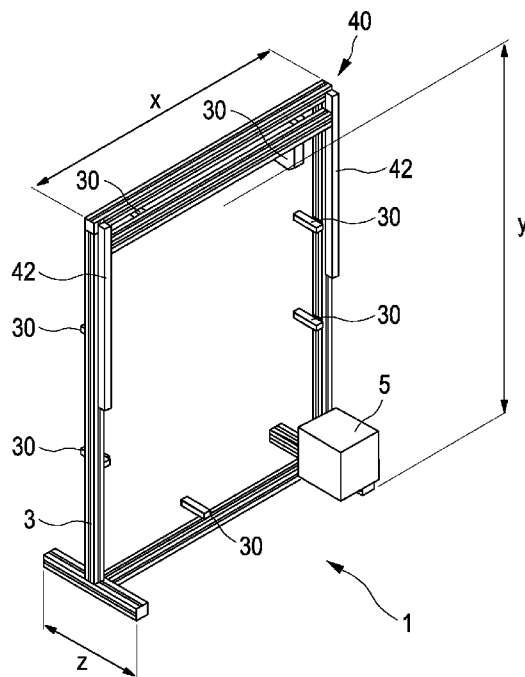


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a measuring system (1) and a measuring method for measuring a surface of a rotor blade of a wind turbine as a measurement object (2). The measuring system (1) comprises: a carrier unit (3) having multiple measuring sensors (30) arranged in a measurement plane, wherein the measuring system (1) is configured to align the measurement plane with a profile section of the measurement object (2); a movement unit (5) that is configured to move the carrier unit (3) in a longitudinal direction (z) relative to the measurement object (2), said longitudinal direction being at an angle to the measurement plane; and a positioning unit (40) that is configured to position at least one measuring sensor (30) in the measurement plane relative to the profile section. The measuring system (1) and the measuring method permit a precise measuring of the surface of the measurement object with reduced outlay.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Messsystem (1) und ein Messverfahren zur Vermessung einer Oberfläche eines Rotorblattes einer Windenergieanlage als Messobjekt (2). Das Messsystem (1) umfasst: eine Trägereinheit

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(3) mit mehreren in einer Messebene angeordneten Messsensoren (30), wobei das Messsystem (1) eingerichtet ist, die Messebene mit einem Profilschnitt des Messobjektes (2) auszurichten, eine Bewegungseinheit (5), die eingerichtet ist, die Trägereinheit (3) in einer in einem Winkel auf der Messebene stehenden Längsrichtung (z) relativ zu dem Messobjekt (2) zu bewegen und eine Zustelleinheit (40), die eingerichtet ist, wenigstens einen Messsensor (30) in der Messebene relativ zu dem Profilschnitt zuzustellen. Das Messsystem (1) und das Messverfahren ermöglichen ein genaues Vermessen der Oberfläche des Messobjektes mit verringertem Aufwand.

Messsystem zur Vermessung einer Oberfläche eines Rotorblattes einer Windenergieanlage

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Messsystem und ein Messverfahren zur Vermessung einer Oberfläche eines Rotorblattes einer Windenergieanlage als Messobjekt.

- Die Vermessung von Oberflächen von Messobjekten ist insbesondere bei Messobjekten mit großer Ausdehnung und/oder komplizierter Geometrie mit einem hohen Aufwand verbunden. Die Oberfläche muss in vielen Anwendungsbereichen, beispielsweise im Bereich der Qualitätssicherung von Rotorblättern einer Windenergieanlage, in einer hohen Auflösung vermessen werden, so dass eine aussagekräftige strömungsmechanische Simulation durchführbar ist. Nur mit Hilfe eines solchen hochauflösenden Messsystems kann ein dreidimensionales Abbild des fertigungsgemäßen Rotorblattes gewonnen werden anhand dessen flächenhafte Abweichungen von Toleranzvorgaben diagnostiziert und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Leistung und Schall im Anlagenbetrieb bewertet werden können. Die Integration des Messverfahrens in den Produktionsablauf im Rahmen der Endkontrolle erlaubt es, Nachbesserungen vornehmen und Ausschuss reduzieren zu können.
- 15 Ein derzeit bekanntes Messsystem beziehungsweise Messverfahren basiert auf der Verwendung von Profilschablonen. Profilschablonen werden an bestimmten Positionen des Messobjektes platziert, um Abweichungen von den durch die Profilschablonen defi-

nierten Profilen detektieren zu können. Nachteilig an diesem Verfahren ist, dass die Positionierung der Schablonen ungenau ist und dass eine derartige Vermessung nur für wenige Profilschnitte auf dem Messobjekt, wie beispielsweise dem Rotorblatt, in realistischer Zeit durchführbar ist. Das bekannte Verfahren ist somit ungenau und außerdem mit
5 einem hohen zeitlichen Aufwand verbunden.

EP 0 364 907 A2 offenbart ein Verfahren zum Bestimmen der Geometrie eines Körpers in einer Schmiedepresse, wobei der Körper in der Schmiedepresse zur Bearbeitung für einen Bearbeitungsdurchlauf verschoben und in vorbestimmter Weise um die Längsachse gedreht wird.

10 GB 2 335 488 A umfasst ein Verfahren, um die Größe und/oder Form einer Folge von Produkten zu bestimmen, welche sich über eine Lücke zwischen Förderbändern bewegen, An einem Ring sind hierfür Abstandsmessgeräte befestigt.

US 4 815 857 A offenbart eine Methode zur Vermessung von, beispielsweise einer Röhre, die die Schritte umfasst, dass die Röhre in einem Messbereich behalten wird, welcher
15 von Lichtstrahlen gescannt wird. Die Lichtstrahlen werden in einer Ebene in rechten Winkeln zueinander bewegt bis Abschattungen durch die Röhre entstehen und verschwinden. An diesen Stellen werden die Positionen der Lichtquellen der Lichtstrahlen und der Lichtsensoren gemessen und die Abschattungen verzeichnet. Die Scanebene wird rechtwinklig zur Messebene verschoben, die Verschiebung gemessen und der
20 Prozess wiederholt.

DE 101 08 812A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum berührungslosen Ermitteln und Vermessen der Oberflächenkontur von Messobjekten, insbesondere Profilrohren mit einem Lasermesssystem, wobei das Messobjekt und das Lasermesssystem relativ zueinander linear und rotatorisch bewegt werden.

25 DE 38 85 714T2 offenbart eine Messvorrichtung und ein Messverfahren, die besonders zum Vornehmen von Messungen an Gegenständen geeignet sind, die einen im Wesentlichen kreisrunden Querschnitt haben.

US 4 146 967 A offenbart eine Vorrichtung zur Vermessung der Kontur von Hubschrauberrotorblättern. Die Vorrichtung oder Befestigung der vorliegenden Erfindung misst
30 Tragflächenprofilform und Verdrehung an jeder Position entlang eines Rotorblatts und die Sehnen- und Klappenseitige Verbiegung des Rotorblatts.

Keines der bekannten Systeme offenbart aber ein Messsystem, das den besonderen Anforderungen der Geometrie von Windenergieanlagen-Rotorblättern Rechnung trägt. Windenergieanlagen-Rotorblätter unterscheiden sich um ein Vielfaches im Querschnitt zwischen einem nabennahen Bereich und dem Spitzenbereich des Rotorblattes. Dennoch ist es wichtig, die Oberfläche des Rotorblattes über die gesamte Blattlänge präzise, also mit einer gleichbleibend hohen Auflösung, vermessen zu können.

Vor diesem Hintergrund lag der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Messsystem und ein Messverfahren zur Vermessung einer Oberfläche eines Rotorblattes einer Windenergieanlage als Messobjekt bereit zu stellen, die ein genaues Vermessen der gesamten Oberfläche des Messobjektes mit verringertem Aufwand ermöglichen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Messsystem zur Vermessung einer Oberfläche eines Rotorblattes einer Windenergieanlage als Messobjekt gelöst. Das Messsystem umfasst eine Trägereinheit mit mehreren in einer Messebene angeordneten Messsensoren, eine Bewegungseinheit und eine Zustelleinheit. Das Messsystem ist eingerichtet, die Messebene mit einem Profilschnitt des Messobjektes auszurichten. Die Bewegungseinheit ist eingerichtet, die Trägereinheit in einer in einem Winkel auf der Messebene stehende Längsrichtung relativ zu dem Messobjekt zu bewegen. Die Zustelleinheit ist eingerichtet, wenigstens einen Messsensor in der Messebene relativ zu dem Profilschnitt zuzustellen, also zu positionieren.

Die Messsensoren sind als Laserlichtschnittsensoren ausgestaltet. Laserlichtschnittsensoren erlauben eine präzise und zuverlässige Vermessung eines Höhenprofils, in diesem Fall der Oberfläche des Messobjektes, in der Messebene des Profilschnittes. Indem die Trägereinheit mittels der Bewegungseinheit relativ zu dem Messobjekt bewegt werden kann, kann das Messsystem Profilschnitte des gesamten Messobjektes erfassen, ohne dass das Messobjekt aktiv zu bewegen ist. Somit kann beispielsweise ein Rotorblatt einer Windenergieanlage seiner Länge nach durch die Bewegungseinheit von der Trägereinheit abgefahren werden. Durch das Bewegen ist somit ein Vermessen der Oberfläche mit verringertem Aufwand möglich, da beispielsweise das Wechseln und Anpassen der Schablonen des bekannten Verfahrens entfällt.

Durch das Erfassen eines Profilschnittes in der Messebene und ein relatives Bewegen dazu in einer Richtung, die nicht in der Ebene des Profilschnittes liegt, können mehrere an mehreren Positionen des Messobjektes erfasste Profilschnitte zu der gesamten Oberfläche des Messobjektes zusammengefügt werden.

Vorzugsweise steht die Messebene senkrecht zu der Längsrichtung. In anderen Ausführungsformen kann die Messebene aber auch bezüglich der Längsrichtung abgewinkelt sein, solange die Messebene nicht parallel zu der Längsrichtung liegt. Vorzugsweise wird eine Längsrichtung des Messobjektes mit der Längsrichtung des Messsystems ausgerichtet. Die Längsrichtung des Messobjektes ist beispielsweise die Richtung, in der das Messobjekt die größte Ausdehnung zeigt. Das erfindungsgemäße Messsystem ist insbesondere für längliche Messobjekte geeignet. Neben Rotorblättern kommen hier beispielsweise Flugzeugflügel und Ähnliches in Betracht.

Mittels der wenigstens einen Zustelleinheit kann wenigstens einer der Messsensoren in der Messebene zugestellt werden, das heißt, der Abstand zwischen Messsensor und Messobjekt kann verändert werden. Somit kann gewährleistet werden, dass sich der Abstand zwischen Messsensor und Messobjekt immer innerhalb eines Bereiches aufhält, in welchem eine Auflösung des Messsensors bezüglich der Oberfläche des Messobjektes und somit des Profilschnittes hinreichend hoch ist. Dies ist insbesondere für Rotorblätter von Windenergieanlagen von Vorteil, die stark im Querschnitt variieren.

Die Zustelleinheit ist dazu eingerichtet, einen Abstand zwischen dem wenigstens einen Messsensor und dem Messobjekt derart zuzustellen, dass eine Anforderung an eine Messauflösung des Messsensors bezüglich der Oberfläche des Rotorblattes sowohl in einem Nabenbereich des Rotorblattes als auch in einem Blattspitzenbereich erfüllt ist.

Die Auflösung von gekrümmten Oberflächen hängt stark vom Radius der Oberflächenkrümmung ab. Für Rotorblätter von Windenergieanlagen kann eine konstant hohe Auflösung daher durch eine Änderung des Abstands vom Sensor zum Messobjekt erreicht werden. In dem Beispiel eines Rotorblattes kann somit sichergestellt werden, dass sowohl ein Nabenbereich, der einen sehr großen Querschnitt hat, als auch ein Blattspitzenbereich, der einen deutlich kleineren Querschnitt hat, mit ausreichender Messauflösung vermessen werden können, so dass beispielsweise Anforderungen an strömungsmechanische Simulationen oder Ähnliches erfüllt werden.

Vorzugsweise kann damit eine lokale Messgenauigkeit an Profilver- und -hinterkante in dem Bereich von 0,05 bis 0,17 mm auf der Druckseite und von 0,07 bis 0,41 mm auf der Saugseite betragen. Innerhalb dieser Toleranzbereiche kann eine Garantie für Leistungswerte beziehungsweise akustischer Werte des Rotorblattes eingehalten werden, wobei natürlich auch andere Toleranzbereiche gemäß den Anforderungen des Rotorblattes einhaltbar sind.

Die Zustelleinheit kann ferner dazu geeignet sein, wenigstens einen der Messsensoren derart zuzustellen, dass eine unzugängliche Messposition beziehungsweise eine schwer zugängliche Messposition erfasst werden kann. Auch können mittels der Zustelleinheit Hindernisse im Verfahrensweg, das heißt, entlang des Weges, den sich das Messsystem
5 mittels der Bewegungseinheit bewegt, umschifft werden. Beispielsweise kann das Messobjekt mit einem Aufleger oder Ähnlichem gestützt werden und die Zustelleinheit an der Stelle im Verfahrensweg, an der sich der Aufleger befindet, derart aus der Messebene bewegt werden, dass der Aufleger den Verfahrensweg nicht beeinträchtigt.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Zustelleinheit eingerichtet, mehrere der
10 Messsensoren zuzustellen, besonders bevorzugt ist die Zustelleinheit eingerichtet, alle der Messsensoren zuzustellen.

In einer Ausführungsform weist die Zustelleinheit ein mechanisches Zustellelement auf, das dazu eingerichtet ist, den Messsensor mechanisch zuzustellen. Durch mechanische Zustellung kann eine bessere Messauflösung ohne das Auftreten optischer Artefakte
15 bzw. Fehler erzielt werden, wodurch die Vermessung des Messobjektes optimiert wird.

In einer Ausführungsform weist die Zustelleinheit ein lineares Zustellelement auf und eine Achse des Zustellelementes verläuft in der Messebene. Unabhängig von der Position des Messsensors bezüglich des Zustellelements liegen somit alle Messsensoren der Trägereinheit in der gleichen Messebene. Bezüglich des Messobjektes können somit alle
20 Messsensoren den Profilschnitt in einer Profilebene, nämlich der Messebene, erfassen.

In einer Ausführungsform umfasst die Zustelleinheit einen Hydraulikzylinder. Hydraulikzylinder ermöglichen eine genaue Zustellung der Messsensoren, sind weit verbreitet und auch die präzise Steuerung von Hydraulikzylindern ist ohne Schwierigkeiten möglich.

In einer Ausführungsform sind die Messsensoren eingerichtet, jeweils einen Teil des Profilschnitts des Messobjektes in der Messebene zu erfassen. Das Messsystem weist
25 ferner eine Berechnungseinheit auf, die eingerichtet ist, die erfassten Teile des Profilschnitts zu einem gesamten Profilschnitt zusammenzufügen. Vorzugsweise überlappen die von den jeweiligen Messsensoren erfassten Teile des Profilschnittes zumindest teilweise, so dass eine Kalibrierung der Messsensoren zum Zusammenfügen des gesamten Profilschnittes vereinfacht ist. Für die Vermessung von Rotorblättern haben sich
30 sieben Messsensoren als vorteilhaft herausgestellt. Auch andere Anzahlen von Sensoren

werden in anderen Ausführungsformen und beispielsweise für andere Messobjekte bevorzugt.

In einer Ausführungsform ist die Berechnungseinheit ferner eingerichtet, Profilschnitte an verschiedenen Positionen der Trägereinheit in Längsrichtung zu einem Profil der Oberfläche des Messobjektes zusammenzufügen. Profilschnitte an verschiedenen Positionen des Messobjektes werden durch die Messsensoren dadurch erlangt, dass die Trägereinheit relativ zu dem Messobjekt mittels der Bewegungseinheit bewegt wird.

Ein Profil kann als eine Sammlung von Profilschnitten in zwei Dimensionen oder als eine dreidimensionale Fläche ausgebildet sein, die beispielsweise durch Interpolation der Profilschnitte beziehungsweise von Punkten der Profilschnitte erhalten wird.

In einer Ausführungsform ist die Berechnungseinheit eingerichtet, den erfassten Profilschnitt beziehungsweise das erfasste Profil mit einem Referenzprofilschnitt beziehungsweise einem Referenzprofil zu vergleichen und zu bestimmen, wenn eine Abweichung zwischen Referenzprofilschnitt bzw. Referenzprofil und erfasstem Profilschnitt beziehungsweise Profil einen vorbestimmten Toleranzwert überschreitet. In dieser Ausführungsform kann die Berechnungseinheit somit einen Profilschnitt oder ein aus mehreren Profilschnitten erzeugtes Profil mit einem Referenzprofilschnitt bzw. einem Referenzprofil vergleichen. Der Referenzprofilschnitt bzw. das Referenzprofil ist beispielsweise ein ComputermodeLL oder ein Zielwert des Messobjektes. Abweichungen von dem Referenzprofil können negative Auswirkungen auf Eigenschaften des Messobjektes, im Beispiel des Rotorblattes beispielsweise auf die Geräuschentwicklung oder die Leistungskurve, haben. Wenn die Abweichung einen vorbestimmten Toleranzwert überschreitet, ist davon auszugehen, dass die Herstellung fehlerhaft ist und möglicherweise nachgebessert werden muss. Dies kann in vorteilhafter Weise in einem Qualitätssicherungsverfahren eingesetzt werden, um Ausschuss zu selektieren beziehungsweise Nachbesserungen vornehmen zu können.

In einer Ausführungsform ist die Berechnungseinheit ferner eingerichtet, eine Korrektur des erfassten Profilschnittes beziehungsweise des erfassten Profils basierend auf einem Eigengewicht des Messobjektes und der Schwerkraft vorzunehmen. In Abhängigkeit von einer Lagerung des Messobjektes sind, insbesondere bei langen Messobjekten, Durchbiegungen in der Mitte des Messobjektes feststellbar. Diese, in Abhängigkeit des Messobjektes signifikanten, Abweichungen werden durch die Berechnungseinheit korrigiert, so dass Abweichungen zwischen Referenzprofil und erfasstem Profil basierend auf dem

Eigengewicht des Messobjektes nicht ungerechtfertigter Weise als Mangel an dem Messobjekt bestimmt werden.

In einer Ausführungsform umfasst jeder der Messsensoren eine Laserschnittquelle und eine Kamera, die vorzugsweise eine optische Kamera ist. Die Kamera ist dazu eingerichtet, eine Reflexion einer Laserlinie der Laserschnittquelle von dem Rotorblatt zu erfassen.

Vorzugsweise ist die Kamera dazu eingerichtet, die Belichtungszeit derart anzupassen, dass lediglich das Licht der Laserschnittquelle erfasst wird und die Aufnahme nicht durch Umgebungslicht gestört wird. Hierfür ist eine Lichtintensität der Laserschnittquelle vorzugsweise hoch, so dass die Belichtungszeit der Kamera entsprechend kurz gewählt werden kann.

Die Messsensoren umfassen vorzugsweise weiterhin je ein Kalibrierungssystem, welches es ermöglicht 3 Ortsfreiheitsgrade und 3 Rotationsfreiheitsgrade des Messsensors unabhängig voneinander zu bestimmen.

In einer Ausführungsform ist die Trägereinheit als Portal ausgestaltet, wobei die Messsensoren in Richtung des Inneren des Portals ausgerichtet sind. Das heißt, dass die Messsensoren, bei einer Vermessung, um das Messobjekt herum angeordnet sind. In dieser Ausführungsform sind die Messsensoren von außen auf das Messobjekt, das sich dann bei einer Vermessung in dem Inneren des Portals befindet, ausgerichtet. Profilschnitte und auch das Profil der äußeren Oberfläche des Messobjektes können somit mittels des Messsystems vermessen werden. Vorzugsweise ist das Portal derart dimensioniert, das es über eine gesamte Länge des Messobjektes um das Messobjekt herum angeordnet werden kann. Vorzugsweise sind die Messsensoren derart um das Messobjekt herum angeordnet, dass an jeder Längsposition des Messobjektes ein Zusammenfügen eines vollständigen Profilschnittes mittels der Messsensoren möglich ist.

In einer anderen Ausführungsform ist die Trägereinheit eingerichtet, innerhalb des Profilschnittes des Messobjektes angeordnet zu werden, wobei die Messsensoren von der Trägereinheit weg nach außen gerichtet sind. In dieser Ausführungsform ist das Messsystem eingerichtet, von beispielsweise innen die Oberfläche des Messobjektes zu vermessen. Ein Messobjekt, dass bevorzugt mit dem Messsystem dieser Ausführungsform vermessen werden kann, ist beispielsweise eine Form zum Herstellen eines Rotorblattes. Dadurch können Fehler, die in dem Rotorblatt entstehen, bereits vor Herstellung des Rotorblattes vermieden werden.

Vorzugsweise kann die Positionierung der Messsensoren in einer Ausführungsform in Abhängigkeit des Messobjektes verändert werden. In einem Fall, in dem die Geometrie der Oberfläche des Messobjektes keine Vorsprünge oder ähnliches aufweist, können die Messsensoren einfach in Richtung der Mitte des Portals ausgerichtet sein. Wenn es die
5 Oberfläche des Messobjektes erfordert, können auch andere Ausrichtungen einzelner Messsensoren, beispielsweise nicht in Richtung der Mitte des Portals, notwendig werden. In einer Ausführungsform weist mindestens ein Messsensor eine Rotationseinheit auf, die eingerichtet ist, den Messsensor bezüglich der Trägereinheit in der Messebene zu drehen.

10 In einer Ausführungsform weist die Bewegungseinheit eine Führungskomponente und eine Antriebskomponente auf, wobei die Führungskomponente die Längsrichtung definiert und die Bewegungseinheit eingerichtet ist, die Trägereinheit mittels der Antriebskomponente entlang der Führungskomponente zu bewegen.

Vorzugsweise umfasst die Führungskomponente eine Schiene und die Antriebskomponente ist vorzugsweise entsprechend einer Längsrichtung des Messobjektes ausgelegt.
15 Die Führungskomponente muss nicht linear, sondern kann auch gebogen sein oder anderweitig verlaufen, um beispielsweise einer Form des Messobjektes zu folgen.

In einer Ausführungsform weist das Messsystem weiter eine Positionsbestimmungseinheit auf, die dazu eingerichtet ist, die Position der Trägereinheit entlang der Längsrichtung zu bestimmen. Indem die Positionsbestimmungseinheit eine Position der Trägereinheit bestimmen kann, ist eine Zuordnung eines erfassten Profilschnittes zu einer Längsposition einfach und präzise möglich. In einer Ausführungsform ist die Positionsbestimmungseinheit eingerichtet, die Position basierend auf einer Relativbewegung der Trägereinheit mittels der Bewegungseinheit zu bestimmen.
20

25 In einer Ausführungsform weist die Positionsbestimmungseinheit einen Positionslaser auf. Mittels des Positionslasers kann die Position der Trägereinheit genau bestimmt werden. Vorzugsweise umfasst die Positionsbestimmungseinheit eine feste Komponente, deren Position während einer Vermessung ortsfest ist, sowie eine bewegliche Komponente, die an der Trägereinheit angebracht ist und sich mit der Trägereinheit relativ zu
30 dem Messobjekt bewegt. Der Abstand zwischen fester Komponente und beweglicher Komponente entspricht dann der Position der Trägereinheit entlang der Längsrichtung.

In einer Ausführungsform umfasst die Positionsbestimmungseinheit einen Retroreflektor, der auf der Trägereinheit angebracht ist, derart, dass er auf einer Kreis- oder Ellipsenbahn an oder um die Trägereinheit geführt wird. Aus der Trajektorie des Retroreflektors, die durch die Relativbewegung der Trägereinheit helixartig ist, kann zu jedem Zeitpunkt
5 die Position und die Orientierung der Trägereinheit bestimmt werden.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß ferner durch ein Messverfahren zur Vermessung einer Oberfläche eines Messobjektes gelöst. Das Messverfahren umfasst die Schritte: Ausrichten einer Trägereinheit mit mehreren in einer Messebene angeordneten Messsensoren mit einem Profilschnitt des Messobjektes, Bewegen der Trägereinheit in einer in
10 einem Winkel auf der Messebene stehenden Längsrichtung relativ zu dem Messobjekt und Zustellen wenigstens eines der Messsensoren in der Messebene relativ zu dem Profilschnitt. Das Messobjekt ist vorzugsweise ein Rotorblatt einer Windenergieanlage.

Das Zustellen wenigstens eines der Messsensoren muss nicht bei jedem Profilschnitt erfolgen. Beispielsweise kann ein Zustellen des Messsensors bei einer Bewegung der
15 Trägereinheit gestuft erfolgen, wenn davon ausgegangen wird, dass sich das Messobjekt eine Weile im Fokus des Messsensors befindet. Somit liefert der Messsensor über einen gewissen Verfahrensweg des Messsystems in der Längsrichtung eine ausreichende Genauigkeit und wird erst anschließend, beim Verlassen eines Schärfebereiches, zugestellt. In anderen Ausführungsformen kann aber auch vorteilhaft sein, den Messsensor mittels des
20 Zustellelementes nach jedem Profilschnitt zuzustellen, oder den Messsensor kontinuierlich zuzustellen. Auf gleiche Weise kann die Trägereinheit in der Längsrichtung kontinuierlich bewegt werden, oder stufenweise, wobei zum Vermessen jeweiliger Profilschnitte in diesem Fall das Bewegen der Trägereinheit unterbrochen wird.

Indem wenigstens einer der Messsensoren in der Messebene relativ zu dem Profilschnitt
25 zugestellt wird, kann eine Auflösung des Messsensors bezüglich der Oberfläche des Messobjektes gewährleistet sein, indem der Abstand zwischen Messsensor und Profilschnitt angepasst wird. Damit wird eine hohe Qualität der Vermessung sichergestellt. Aufgrund des Bewegens ist ein Erfassen mehrerer Profilschnitte einfach möglich, was den Aufwand für die Vermessung des Messobjektes verringert.

30 In einer Ausführungsform des Messverfahrens wird mindestens ein Profilschnitt des Messobjektes vor und nach dem Bewegen der Trägereinheit und dem Zustellen wenigstens eines der Messsensoren erfasst. Durch das Erfassen mehrerer Profilschnitte des Messobjektes an verschiedenen Positionen in Längsrichtung kann die Oberfläche des

Messobjektes basierend auf den mehreren Profilschnitten auf einfache Weise rekonstruiert werden.

5 In einem Ausführungsbeispiel wird die Oberfläche durch Interpolation zwischen den Profilschnitten, die an verschiedenen Positionen der Trägereinheit erfasst werden, berechnet. Mit anderen Worten, mehrere zweidimensionale Profilschnitte aus der Messebene werden zu einem dreidimensionalen Profil der Oberfläche interpoliert. Die Profilschnitte und das Profil können in allen vorstellbaren Datenstrukturen, beispielsweise als Punktwolken, Vektoren etc., vorliegen.

10 Ein Teil eines Profilschnittes, der von einem Messsensor erfasst wird, variiert je nach Zustellposition des Messsensors. Die Umrechnung der erfassten Profilschnitte erfolgt basierend auf der Position des Messsensors, an der er sich aufgrund des Zustellens befindet. Anders ausgedrückt, die Zustellposition des Messsensors Vorzugsweise ist eine Kalibrierung der Messsensoren untereinander derart eingerichtet, dass die Messsensoren für sämtliche Positionen der Messsensoren, wie sie durch das Zustellen erhalten werden
15 können, miteinander kalibriert sind.

In einer Ausführungsform des Messverfahrens wird zu jedem Profilschnitt eine Position der Trägereinheit in der Längsrichtung erfasst. Damit ist ein Zusammenfügen der Profilschnitte zu einer Oberfläche des Messobjektes einfach möglich, da die Position der Profilschnitte relativ zueinander bekannt ist.

20 In einer Ausführungsform des Messverfahrens wird wenigstens ein Profilschnitt in Abhängigkeit von seiner Position in der Längsrichtung korrigiert. Insbesondere kann die Lage, nämlich die Höhe, des Profilschnittes bezüglich der Messebene korrigiert werden. Aufgrund von Eigengewicht und Lagerung des Messobjektes, im Beispiel eines Rotorblattes einer Windenergieanlage wird dieses an seinen beiden Enden und möglicherweise zusätzlich in der Mitte gelagert, kommt es zu einer Durchbiegung des Messobjektes zwischen den Lagerungen. Um auftretende Fehler, die basierend auf diesen Durchbiegungen in den Profilschnitten erkennbar sind, nicht fälschlicherweise als Fehler des Messobjektes beziehungsweise als Abweichungen des Messobjektes von einem Referenzobjekt zu erkennen, umfasst das erfindungsgemäße Verfahren in dieser Ausführungsform eine
25
30 Korrektur der jeweiligen Profilschnitte.

In einer Ausführungsform des Messverfahrens wird aus den erfassten Profilschnitten ein Oberflächenprofil des Messobjektes berechnet. Das berechnete Oberflächenprofil kann

dann mit einem Referenzprofil verglichen werden, um eventuelle Abweichungen des berechneten Oberflächenprofils von einem Referenzprofil zu bestimmen. Eventuell festgestellte Abweichungen können verwendet werden, um eine Qualität des Messobjektes, beispielsweise des Rotorblattes, sicherzustellen.

- 5 Unabhängig von systematischen Fehlern, welche das gesamte Oberflächenprofil betreffen, können auch einzelne Profilschnitte mit jeweiligen Referenzprofilschnitten verglichen werden. Somit können eventuelle Abweichungen des Profilschnittes von einem Referenzprofilschnitt bestimmt werden, ohne dass das gesamte Oberflächenprofil zu berechnen ist. In einer Ausführungsform kann ein einzelner Profilschnitt, insbesondere eine von den
- 10 Messsensoren erfasste Punktwolke, beispielsweise mittels eines „Least-Square-Fit-Verfahrens“ auf einen lokalen Referenzquerschnitt, beispielsweise in Form einer numerisch erzeugten Spline-Kurve, beschrieben werden. Eventuell festgestellte Abweichungen beziehungsweise Fehlermaße können verwendet werden, um eine Qualität des Messobjektes an der lokalen Position festzustellen.
- 15 In einer Ausführungsform des Messverfahrens wird wenigstens einer der Messsensoren in der Messebene relativ zu dem Profilschnitt durch Bestimmung der Entfernung des Messsensors von dem Messobjekt zugestellt. Die Zustellung basierend auf der Entfernungsbestimmung erfolgt vorzugsweise automatisch. In dieser Ausführungsform wird sichergestellt, dass sich der Abstand zwischen Messsensor und Messobjekt immer in
- 20 dem für die gewünschte Auflösung der Messung bevorzugten Bereich befindet.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß ferner durch ein Messverfahren zur Vermessung einer Oberfläche eines Messobjektes, insbesondere eines Rotorblattes einer Windenergieanlage, unter Verwendung eines erfindungsgemäßen Messsystems gelöst.

- 25 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß ferner durch ein Verfahren zur Qualitätssicherung eines Messobjektes unter Verwendung eines Messsystems gelöst. Das Messobjekt ist insbesondere ein Rotorblatt einer Windenergieanlage und das Messsystem ist insbesondere ein erfindungsgemäßes Messsystem. Das Messsystem vermisst eine Oberfläche des Messobjektes zunächst mit einer ersten Auflösung. Die mit der ersten Auflösung vermessene Oberfläche des Messobjektes wird mit einer Referenzoberfläche verglichen.
- 30 In dem Fall, dass eine Abweichung der mit der ersten Auflösung vermessenen Oberfläche des Messobjektes von der Referenzoberfläche einen Schwellwert überschreitet, vermisst das Messsystem die Oberfläche des Messobjektes mit einer zweiten, höheren

Auflösung. Dabei kann die erneute Vermessung das gesamte Blatt umfassen oder aber nur in Längsrichtung lokale Bereiche umfassen.

Das erfindungsgemäße Qualitätssicherungsverfahren stellt fest, in einem ersten Schritt, ob es basierend auf einer gröberen Auflösung Anhaltspunkte für eine Abweichung der Oberfläche des Messobjektes von einer Referenzoberfläche gibt. In dem Fall, dass
5 derartige Abweichungen auftreten, wird mit einer zweiten, höheren Auflösung gemessen, um eine genauere Einschätzung der Abweichung zu erhalten. In dem Fall, in dem ein Überprüfen des Messobjektes mit der ersten Auflösung bereits ausreicht, kann somit auf ein zweites, langwierigeres Erfassen verzichtet werden. Damit können die Anforderungen
10 an Wirtschaftlichkeit und Effizienz des Qualitätssicherungsverfahrens erfüllt werden.

Als Auflösung ist beispielsweise der Abstand zweier benachbarter Profilschnitte in Längsrichtung zu verstehen. Eine erste Auflösung ist beispielsweise ein Abstand in Längsrichtung von 20 Millimetern zwischen zwei Profilschnitten und eine zweite Auflösung ist ein Abstand beispielsweise von 2 Millimetern in Längsrichtung. Natürlich sind auch andere
15 Abstände möglich, wobei der Abstand in zweiter Auflösung geringer als der Abstand in erster Auflösung ist. Die Vermessung mit erster Auflösung benötigt weniger Zeit, da weniger Profilschnitte für das gesamte Messobjekt erfasst werden.

Sämtliche für das Messsystem beschriebene Ausführungen können in analoger Weise vorteilhaft in dem erfindungsgemäßen Messverfahren zum Einsatz kommen. Ebenso
20 können Elemente des erfindungsgemäßen Messsystems zur Durchführung von Schritten des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgestaltet sein.

Weitere Ausgestaltungen sowie durch die erfindungsgemäßen Lösungen erzielte Vorteile werden im Folgenden mit Verweis auf die beigefügten Figuren beschrieben.

Fig. 1 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel eines Messsystems,

25 Fig. 2 zeigt schematisch das Funktionsprinzip eines Laserschnittsensors,

Fig. 3a und 3b zeigen schematisch und exemplarisch eine Kalibrierung von Messsensoren

Fig. 4a und 4b zeigen schematisch und exemplarisch eine Positionsbestimmungseinheit des erfindungsgemäßen Messsystems

Fig. 5 zeigt schematisch und exemplarisch eine Lagerung eines Beispiels eines Messobjekts, nämlich eines Rotorblattes einer Windenergieanlage und

Fig. 6a bis 6c zeigen schematisch und exemplarisch weitere Ausführungsbeispiele eines Messsystems.

- 5 Fig. 1 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Messsystems 1. Das Messsystem 1 umfasst eine Trägereinheit 3, die in Form eines Rahmens ausgestaltet ist sowie eine Bewegungseinheit 5, mittels derer der Rahmen 3 bewegt werden kann. In diesem Beispiel erstreckt sich der Rahmen in einer Breite x und einer Höhe y und ist mittels der Bewegungseinheit 5 in einer Längsrichtung z, die senkrecht
10 sowohl auf der Breite x als auch der Höhe y steht, bewegbar. Die Breite x und die Höhe y definieren in diesem Ausführungsbeispiel die Messebene des Messsystems. Die Auswahl der Achsen ist beispielhaft und kann in anderen Ausführungsbeispielen anders sein. Obwohl in diesem Beispiel Breite x, Höhe y und Länge z jeweils senkrecht aufeinander stehen, kann dies in anderen Ausführungsbeispielen auch anders sein.
- 15 Die Bewegungseinheit 5 ist in diesem Beispiel ein Elektromotor, der das Messsystem 1 entlang der Längsrichtung z über eine Schiene (nicht gezeigt) auf dem Boden, auf dem der Rahmen 3 platziert ist, beispielsweise mittels Rädern bewegt.

Innerhalb des Rahmens 3 sind in diesem Beispiel sieben Messsensoren 30 bereitgestellt. Die Messsensoren 30 sind jeweils von dem Rahmen 3 aus in der Messebene nach innen
20 gerichtet, auf den Bereich, in den ein Messobjekt einzuführen ist. In diesem Beispiel sind zwei Messsensoren 30, nämlich die am oberen Ende des Rahmens 3 angeordneten, mittels einer Zustelleinheit 40 an dem Rahmen 3 befestigt. Die Zustelleinheit 40 ermöglicht, dass sich der Messsensor 30, der über die Zustelleinheit 40 an dem Rahmen 3 befestigt ist, in der Messebene bewegt werden kann. In diesem Beispiel umfasst die
25 Zustelleinheit 40 zwei parallele lineare Zustellelemente 42, die an vertikalen Teilabschnitten des Rahmens 3 angeordnet sind und einen horizontalen Träger zwischen den beiden linearen Zustellelementen 42 in Höhenrichtung y bewegbar lagern. In anderen Ausführungsbeispielen ist nur einer oder mehr als zwei der Messsensoren 30 mittels der Zustelleinheit 40 an dem Rahmen 3 befestigt, insbesondere vorzugsweise alle der Messsensoren 30. Jeder der Messsensoren 30 kann über eine eigene Zustelleinheit 40 verfügen, oder mehrere der Messsensoren 30 können mit einer gemeinsamen Zustelleinheit 40
30 zugestellt werden.

Fig. 2 zeigt schematisch das Funktionsprinzip eines Laserschnittsensors als Beispiel eines Messsensors 30. Der Messsensor 30 ist ein Laserlichtschnittsensor, der eine Laserlichtquelle 32, eine Zylinderlinse 34, eine Linse 37 und einen Detektor, beispielsweise eine Kamera 39, umfasst. Das von der Laserlichtquelle 32 ausgesandte punktförmige Licht wird mittels der Zylinderlinse 34 in eine Linie aufgespalten. Die Linie tritt aus dem Messsensor 30 aus und auf eine Oberfläche eines Messobjektes 2 auf. Das eintreffende Laserlicht 36 wird an der Oberfläche 2 reflektiert und tritt als reflektierte Linie 38 über die Linse 37 in die Kamera 39 ein. Durch den Versatz der auf der Kamera 39 auftreffenden Laserlinie kann das Höhenprofil der Oberfläche 2 errechnet werden. Laserschnittsensoren basieren auf dem bekannten Prinzip der Lasertriangulation, wobei die punktförmige Lichtquelle in eine zweidimensionale Linie aufgeweitet wird. Bei dem Laserschnittsensor 30 handelt es sich nur um ein Beispiel von Oberflächensensoren, die in dem erfindungsgemäßen Messsystem 1 eingesetzt werden können.

Figuren 3a und 3b zeigen schematisch und exemplarisch eine Kalibrierung der Messsensoren 30. In Fig. 3a ist der Strahlenverlauf 301 bis 307 der sieben in Fig. 1 gezeigten Messsensoren 30 dargestellt. Der Strahlenverlauf verläuft erst linear und wird dann durch eine Zylinderlinse 34, wie in Fig. 2 gezeigt, fächerartig aufgespalten. Die Strahlenverläufe 301 bis 307 treffen an unterschiedlichen Positionen und in unterschiedlichen Winkeln auf die Oberfläche 2 des Messobjektes 2, hier im Beispiel auf ein Profil eines Rotorblattes einer Windenergieanlage, auf.

Die einzelnen Strahlenverläufe 301 bis 307 überlagern zum Teil deutlich, was zur Kalibrierung und Ausfallsicherheit eingesetzt wird, wie in Fig. 3b verdeutlicht. Fig. 3b zeigt einen Teil eines Profilschnitts, der mittels der in Fig. 3a gezeigten Aufteilung der Messsensoren 30 erreicht wird. In Fig. 3b sind nur die Teile des Profilschnittes, wie er von drei Messsensoren 30 erfasst wird, gezeigt. In dem Randbereich der Fig. 3b wären unter Berücksichtigung aller sieben Messsensoren 30 auch andere Messwerte der jeweiligen benachbarten Sensoren sichtbar.

In Fig. 3b ist ersichtlich, dass die Teile der Profilschnitte, die den jeweiligen Strahlenverläufe 302, 303 und 304 entstammen, sich in dem gezeigten Abschnitt des Profilverlaufes überlappen. In dem in Fig. 3b gezeigten Beispiel sind die Verläufe derart, dass immer mindestens zwei, in dem mittleren Bereich sogar alle drei, der Sensoren überlappen. Als ein Ergebnis der Kalibrierung der Messsensoren 30 wird ein Profilschnitt erzeugt, der als eine einzige Linie dargestellt wird. Mit anderen Worten, die kalibrierten Sensoren 30 liefern zueinander passende Messwerte, aus denen sich ein gesamter Profilschnitt be-

rechnen lässt. In Fig. 3b ist eine Fehlstelle 60 zu sehen, an der das Rotorblatt von einem gewöhnlichen Verlauf abweicht. Auch an der Stelle 60 zeigt sich keine Abweichung der Messlinie 303 von der Messlinie 304, das heißt, die Fehlstelle 60 ist übereinstimmend von dem Messsensor 30, dem Strahlenverlauf 303 entstammt, und dem Messsensor 30, dem Strahlenverlauf 304 entstammt, bestimmt worden.

Die Überlappung der einzelnen Messlinien 302, 303 beziehungsweise 304 kann gegebenenfalls in einem weiteren Schritt im Nachgang an die Messung angepasst werden. Beispielsweise können die Linien durch ein geeignetes Verfahren, insbesondere B-Splines oder Ähnliches, geglättet werden. Auch kann bei der Erzeugung einer 3D-Fläche aus zweidimensionalen Profilschnitten im Nachgang ein geeignetes Verfahren zum Erzeugen einer glatten Oberfläche eingesetzt werden. Beispielsweise kann eine NURBS-Fläche in die Punktwolke des gesamten Messobjektes eingepasst werden. Damit wird eine glatte, simulationsfähige Oberfläche erzeugt.

Fig. 4a zeigt schematisch und exemplarisch eine Positionsbestimmungseinheit 50, die in einem Messsystem 1 zum Einsatz kommt. In Fig. 4a sind die Sensoren 30 schematisch durch die Laserlichtquelle 32 und die Zylinderlinse 34 gezeigt, die auf einem schematischen Rahmen 3, der in Form eines Halbkreises skizziert ist, angeordnet sind. Weitere Elemente der Messsensoren 30 sind zur besseren Darstellbarkeit weggelassen. Ferner zeigt Fig. 4a ein Rotorblatt als Beispiel eines Messobjektes 2, das in Längsrichtung z entlang des Rahmens 3 bewegt wird.

Die Positionsbestimmungseinheit 50 weist einen Positionslaser 52 und einen Retroreflektor 54 auf. Der Positionslaser 52 ist stationär und unabhängig von dem Rahmen 3 angeordnet. Er bewegt sich nicht, wenn der Rahmen 3 mittels der Bewegungseinheit 5 bewegt wird. Der Positionslaser 52 misst den Abstand zu dem Retroreflektor 54, der sich mit dem Rahmen 3 bewegt. Der Retroreflektor 54 reflektiert die von dem Positionslaser 52 einfallende Strahlung weitgehend unabhängig von der Ausrichtung des Retroreflektors 54 bezüglich des Positionslasers 52 zurück zu dem Positionslaser 52. Der Retroreflektor 54 wird kontinuierlich auf einer Kreis- oder Ellipsenbahn geführt. Die Kreis- oder Ellipsenbahn des Retroreflektors 54 kann bezüglich einer Anbringfläche, die an dem Rahmen 3 befestigt ist, oder bezüglich des gesamten Rahmens 3 erfolgen. Indem sich der Rahmen 3 in Längsrichtung Z bewegt und der Retroreflektor 54 sich gleichzeitig auf einer Kreis- oder Ellipsenbahn befindet, ergibt sich eine helixartige Trajektorie, woraus zu jedem Zeitpunkt die Position und Orientierung des Rahmens 3 des Messsystems 1 bestimmt werden kann.

Fig. 4b zeigt schematisch und exemplarisch das in Fig. 1 gezeigte Messsystem 1 zusammen mit dem Messobjekt 2, in diesem Beispiel der Blattspitze eines Rotorblattes. Der Rahmen 3 wird entlang des Rotorblattes 2 geführt, wobei die Messsensoren 30 kontinuierlich oder mit bestimmten Abständen Profilschnitte des Rotorblattes 2 erfassen. Anstelle
5 des rotierenden Retroreflektors 54 ist in dem in Fig. 4b gezeigten Beispiel ein stationärer Retroreflektor 54 gezeigt. Auch in diesem Beispiel kann der Retroreflektor 54 eingesetzt werden, um die Entfernung von dem Positionslaser 52 (in Fig. 4b nicht gezeigt) zu bestimmen.

Das erfindungsgemäße Messsystem 1 ist geeignet, eine dreidimensionale Oberflächen-
10 geometrie eines Messobjektes 2 automatisiert zu erfassen. Insbesondere für große Dimensionen des Messobjektes 2 und der für eine aussagekräftige Bestimmung der Oberflächengeometrie des Messobjektes 2 erforderlichen hohen Messauflösung erfolgt die Messung erfindungsgemäß nicht von einem stationären Ort des Messsystems 1, sondern von verschiedenen Positionen, indem der Rahmen 3 mittels der Bewegungsein-
15 heit 5 entlang des Messobjektes 2 bewegt wird und die Messsensoren 30 somit während des Messvorganges eine Relativbewegung zum Messobjekt 2 ausführen. Eine Trägereinheit beispielsweise in Form eines Rahmens 3 mit mehreren Messsensoren 30, die beispielsweise optische Triangulationssensoren wie Laserlichtschnittsensoren sind, wird beispielsweise auf einem Schienensystem am Messobjekt 2 entlanggeführt und mithilfe
20 einer Positionsbestimmungseinheit 50 präzise verfolgt. Die Positionsbestimmungseinheit 50 ist beispielsweise ein Positionslaser 52, der den Abstand zu einem Retroreflektor 54, der auf dem Rahmen 3 angebracht ist, bestimmt. So entsteht eine Sequenz vollständiger Profilschnitte des Messobjektes 2. Einzelmessungen von Profilschnitten können zu einem dreidimensionalen Gesamtmodell mit hoher Auflösung fusioniert werden. Auch autonome
25 oder vorprogrammierte Flurförderzeuge könnten hier als Bewegungseinheit 5 zum Bewegen einer Trägereinheit 3 zum Einsatz kommen. Auch könnte das Portal frei manipulierbar an einem Industrieroboter befestigt sein, um beliebige Raumkurven als Fahrweg entlang eines Messobjektes beschreiben zu können.

Die Zustellkomponente 40, die eingerichtet ist, den Abstand der Messsensoren 30 zu
30 dem Messobjekt 2 einzustellen, sorgt dafür, dass die Messauflösung der Oberfläche des Messobjektes 2 unabhängig von dem Durchmesser des Messobjektes 2 an der Position, an der der aktuelle Profilschnitt gemessen wird, hinreichend groß ist. Durch Vergleich mit beispielsweise einem CAD-Modell können Abweichungen des dreidimensionalen Gesamtmodells bestimmt werden.

Eine insbesondere bei langen Messobjekten 2, wie Rotorblättern einer Windenergieanlage, auftretende signifikante schwerkraftbedingte Durchbiegung wird simuliert und für die Auswertung berücksichtigt. Die von dem Messsystem 1 erfassten Messdaten bilden im Falle von Rotorblättern einer Windenergieanlage beispielsweise die Grundlage für eine Strömungssimulation zur Leistungsbewertung beziehungsweise zur akustischen Bewertung des Rotorblattes.

Mit dem erfindungsgemäßen Messsystem 1 kann erreicht werden, dass die Gesamtmesszeit für ein Rotorblatt nicht länger als 30 Minuten beträgt. In dieser Zeit kann mit dem erfindungsgemäßen Messsystem 1 in Längsrichtung des Messobjekts 7 alle 2 Millimeter ein Profilschnitt aufgenommen werden. Die lokale Messungenauigkeit an Profilvorder- und -hinterkante kann mit dem erfindungsgemäßen Messsystem in dem Bereich von 0,05 bis 0,17 mm auf der Druckseite und von 0,07 bis 0,41 mm auf der Saugseite betragen. Innerhalb dieser Toleranzbereiche kann eine Garantie für Leistungswerte beziehungsweise akustischer Werte des Rotorblattes eingehalten werden.

Fig. 5 zeigt eine Seitenansicht eines Beispiels eines Messobjektes 2, nämlich eines Rotorblattes einer Windenergieanlage. Das Rotorblatt 2 ist an seinem Nabenende in einer stationären Halterung 22 befestigt. Um eine Durchbiegung des Rotorblattes zu reduzieren, wird das Rotorblatt 2 durch mindestens eine Stützvorrichtung 24 gestützt. Die Stützvorrichtung 24 ist in diesem Beispiel etwa ein Drittel der Blattlänge von der Blattspitze entfernt. In anderen Beispielen kann die Stützvorrichtung 24 auch an anderen Stellen des Blattes vorgesehen sein und es können auch mehr als eine Stützvorrichtung 24 zum Abstützen des Rotorblattes 2 verwendet werden.

Aufgrund der Stützvorrichtung 24 kann ein geschlossenes Portal nicht entlang des gesamten Rotorblattes 2 verlagert werden. Figuren 6a bis 6c zeigen drei Ausführungsbeispiele einer Trägereinheit 300, 400 und 500, die trotz vorgesehener Stützvorrichtung 24 entlang des gesamten Rotorblattes 2 bewegt werden können.

Fig. 6a zeigt Trägereinheit 300, die in Form eines umgedrehten U ausgestaltet ist. In diesem Beispiel umfasst die Bewegungseinheit der Trägereinheit 300 zwei Räder 310, die an jeweils einem unteren Ende der vertikalen Rahmenelemente vorgesehen sind. Fig. 6a zeigt zwei Messsensoren 330, die auf gegenüberliegenden Seiten des Rotorblattes 2 angeordnet sind. Der auf der in der Zeichnung rechts gezeigten Seite liegende Messsensor 330 ist mittels einer Zustelleinheit 340 entlang einer Richtung 345 in der Messebene verlagerbar. In einem Beispiel kann der Messsensor 330 auch bezüglich der Zustellein-

heit 340 drehbar gelagert sein und somit in zwei Achsen zugestellt werden. In diesem Beispiel ist die Zustelleinheit 340 ferner in mittlerer Höhe des Rotorblattes 2 gezeigt, in anderen Beispielen kann die Verlagerungseinheit 340 auch an anderen Positionen bezüglich des Rotorblattes angeordnet sein beziehungsweise bezüglich der Trägereinheit 300 verstellbar montiert sein.

Fig. 6b zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Trägereinheit 400. Die Trägereinheit 400 ist aus zwei Rahmenelementen 405, die auf jeweils einer Druckseite und einer Saugseite des Rotorblattes 2 angeordnet sind, zusammengesetzt. Die zwei Seiten 405 sind nicht miteinander verbunden und relativ zueinander in einer Richtung 420 verschiebbar. Hierfür weisen die jeweiligen Rahmenelemente 405 Räder 410 auf. Auch Fig. 6b zeigt zwei Messsensoren 430. Einer der Messsensoren 430, der in der Zeichnung rechts gezeigt ist, ist über eine Verlagerungseinheit 440 an einem Drehpunkt 442 in einer Richtung 445 schwenkbar bezüglich der Trägereinheit 400 angeordnet. Zum Passieren der Stelle des Rotorblattes 2, an der die Stützvorrichtung 24 angeordnet ist, werden die zwei Rahmenelemente 405 voneinander entfernt. Dadurch befindet sich der schwenkbare Sensor 430 auf der rechten Seite nicht unterhalb des Rotorblattes 2. Nach dem Passieren kann der Sensor wieder unterhalb des Rotorblattes 2 in der Nähe der Profilnase des Rotorblattes 2 positioniert werden. Somit kann eine hohe Auflösung des Profilnasenbereiches, welcher ein für die Aerodynamik sehr sensibler Bereich ist, gewährleistet werden. Während in diesem Beispiel die Rahmenelemente 405 voneinander entfernt werden können und die Zustelleinheit 440 ein drehbares Zustellen des Messsensors 430 ermöglicht, ist in anderen Beispielen auch entweder der Rahmen aus zwei Rahmenelementen 405 aufgebaut, oder einer der Messsensoren kann drehbar zugestellt werden. Auch Kombinationen mit anderen Ausführungsbeispielen sind vorteilhaft möglich.

Fig. 6c zeigt schematisch ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Trägereinheit 500. Die Trägereinheit 500 steht auf der in der Zeichnung rechten Seite mittels eines Standelementes 510 auf dem Boden. Das Standelement 510 kann beispielsweise auch Räder umfassen. Auch in diesem Ausführungsbeispiel sind lediglich schematisch zwei Messsensoren 530 gezeigt, von denen der in der Zeichnung rechts gezeigte mittels eines Zustellelementes 540 entlang einer Zustellrichtung 545 zugestellt werden kann. Nach dem Passieren des Stützelementes 24 kann der in der Zeichnung rechts gezeigte Sensor 530 somit unterhalb und in der Nähe der Profilnase des Rotorblattes 2 positioniert werden, ohne ein Verfahren der Trägereinheit 500 entlang des Messobjektes zu beeinträchtigen.

In anderen Ausführungsbeispielen kann die Trägereinheit 3, 300, 400, 500 auch das Zustellelement integriert umfassen. Dadurch können beispielsweise Messsensoren in der Messebene durch Zustellen eines Teils des gesamten Rahmes etc. der Trägereinheit 3, 300, 400, 500 zugestellt werden. Obwohl die gezeigten Ausführungsbeispiele als Beispiel
5 eines Messobjektes ein Rotorblatt 2 einer Windenergieanlage verdeutlichen, sind die durch die Erfindung erzielten Wirkungen und Vorteile auch auf andere Messobjekte, insbesondere längliche Messobjekte mit variierendem Querschnitt anwendbar.

Ansprüche

1. Messsystem (1) zur Vermessung einer Oberfläche eines Rotorblattes einer Windenergieanlage als Messobjekt (2), umfassend:
- 5 eine Trägereinheit (3) mit mehreren in einer Messebene angeordneten Messsensoren (30), wobei das Messsystem (1) eingerichtet ist, die Messebene mit einem Profilschnitt des Messobjektes (2) auszurichten,
- eine Bewegungseinheit (5), die eingerichtet ist, die Trägereinheit (3) in einer in einem Winkel auf der Messebene stehenden Längsrichtung (z) relativ zu dem Messobjekt
- 10 (2) zu bewegen,
- eine Zustelleinheit (40), die eingerichtet ist, wenigstens einen Messsensor (30) in der Messebene relativ zu dem Profilschnitt zuzustellen, wobei
- die Messsensoren (30) als Laserschnittsensoren ausgestaltet sind und
- die Zustelleinheit (40) dazu eingerichtet ist, einen Abstand zwischen dem
- 15 wenigstens einen Messsensor (30) und dem Messobjekt (2) derart zuzustellen, dass eine Anforderung an eine Messauflösung des Messsensors (30) bezüglich der Oberfläche des Rotorblattes sowohl in einem Nabenbereich des Rotorblattes als auch in einem Blattspitzenbereich erfüllt ist.
- 20 2. Messsystem (1) nach Anspruch 1, wobei die Zustelleinheit (40) ein mechanisches Zustellelement aufweist, das dazu eingerichtet ist, den wenigstens einen Messsensor (30) mechanisch zuzustellen.
3. Messsystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Zustelleinheit (40) ein lineares
- 25 Zustellelement (42), insbesondere einen Hydraulikzylinder, aufweist und eine Achse des Zustellelements in der Messebene verläuft.
4. Messsystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Messsensoren (30) eingerichtet sind, jeweils einen Teil des Profilschnitts des Messobjektes (2) in der
- 30 Messebene zu erfassen, und wobei das Messsystem (1) ferner eine Berechnungseinheit aufweist, die eingerichtet ist, die erfassten Teile des Profilschnitts zu einem gesamten Profilschnitt zusammenzufügen.

5. Messsystem (1) nach Anspruch 4, wobei die Berechnungseinheit ferner eingerichtet ist, Profilschnitte an verschiedenen Positionen der Trägereinheit (3) in Längsrichtung (z) zu einem Profil der Oberfläche des Messobjektes (2) zusammenzufügen.

5

6. Messsystem (1) nach Anspruch 4 oder 5, wobei die Berechnungseinheit eingerichtet ist, den erfassten Profilschnitt bzw. das erfasste Profil mit einem Referenzprofilschnitt bzw. einem Referenzprofil zu vergleichen und zu bestimmen, wenn eine Abweichung zwischen Referenzprofilschnitt bzw. Referenzprofil und erfasstem Profilschnitt bzw. Profil einen vorbestimmten Toleranzwert überschreitet.

10

7. Messsystem (1) nach Anspruch 6, wobei die Berechnungseinheit ferner eingerichtet ist, eine Korrektur des erfassten Profilschnittes bzw. des erfassten Profils basierend auf einem Eigengewicht des Messobjektes (2) und der Schwerkraft vorzunehmen.

15

8. Messsystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Trägereinheit (3) als Portal ausgestaltet ist, wobei die Messsensoren (30) in Richtung des Inneren des Portals ausgerichtet sind.

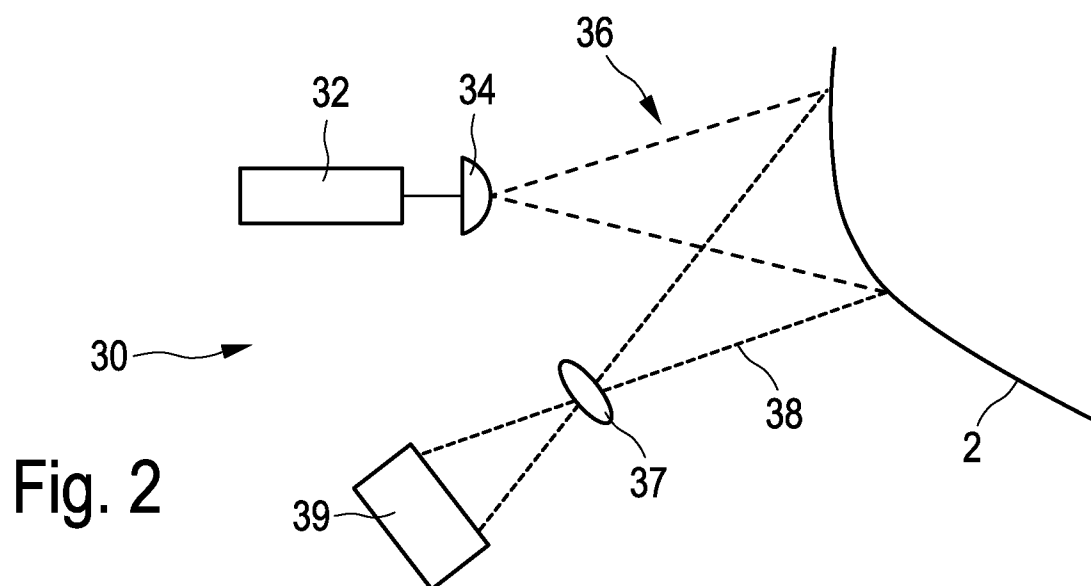
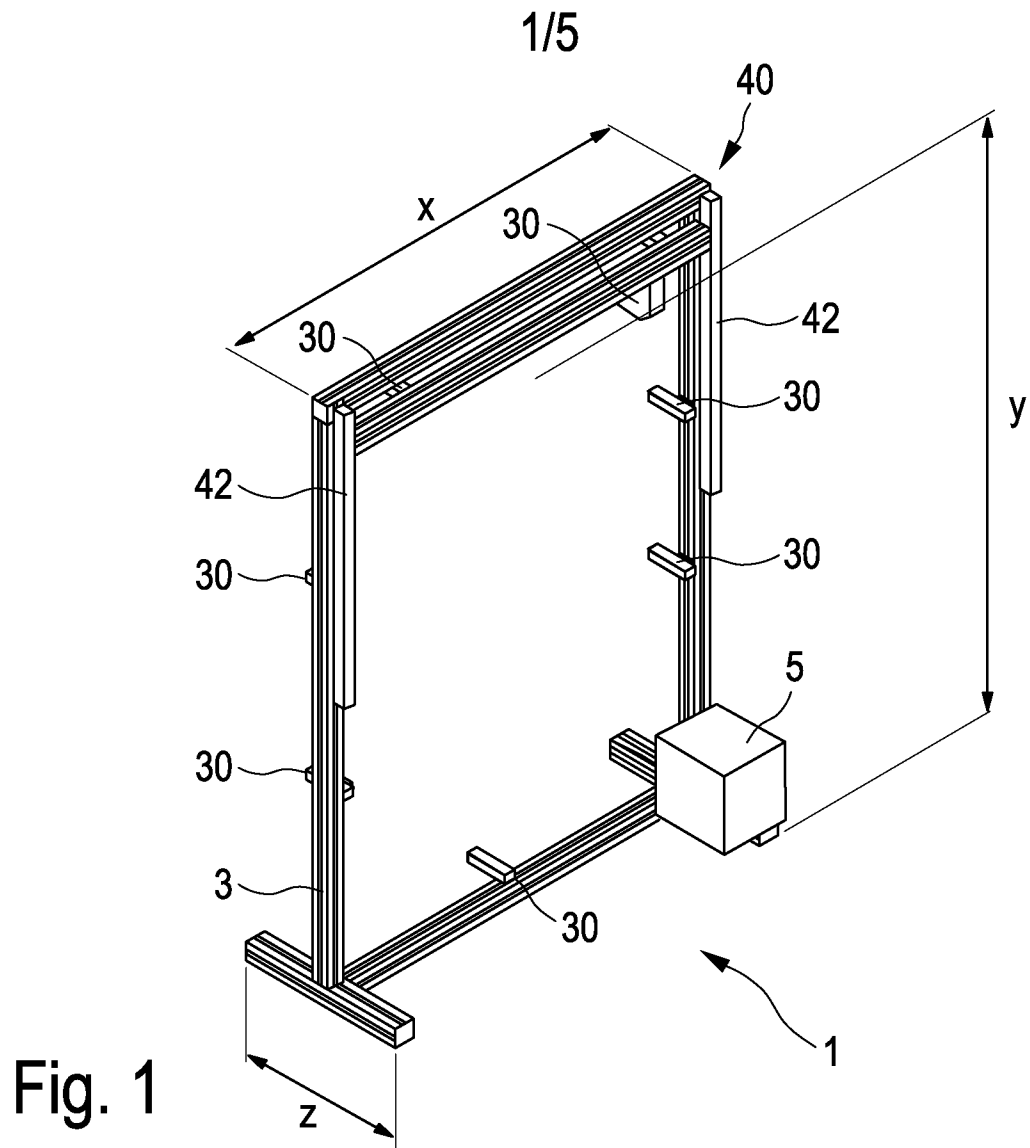
20 9. Messsystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Trägereinheit (3) eingerichtet ist, innerhalb des Profilschnittes des Messobjektes (2) angeordnet zu werden, wobei die Messsensoren von der Trägereinheit (3) weg nach außen gerichtet sind.

25 10. Messsystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Bewegungseinheit (5) eine Führungskomponente, insbesondere eine Schiene, und eine Antriebskomponente, insbesondere einen Elektromotor, umfasst, wobei die Führungskomponente die Längsrichtung (z) definiert und die Bewegungseinheit (5) eingerichtet ist, die Trägereinheit (3) mittels der Antriebskomponente entlang der Führungskomponente zu bewegen.

30

11. Messsystem (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, das weiter eine Positionsbestimmungseinheit (50), insbesondere einen Positionslaser (52), aufweist, die dazu eingerichtet ist, die Position der Trägereinheit (3) entlang der Längsrichtung (z) zu bestimmen.
- 5
12. Messsystem (1) nach Anspruch 11, wobei die Trägereinheit (3) einen Retroreflektor (54) aufweist und wobei die Positionsbestimmungseinheit (50) eingerichtet ist, die Position der Trägereinheit (3) mittels des Retroreflektors (54) zu bestimmen.
- 10 13. Messverfahren zur Vermessung einer Oberfläche eines Rotorblattes einer Windenergieanlage als Messobjekt (2), umfassend die Schritte:
- Ausrichten einer Trägereinheit (3) mit mehreren in einer Messebene angeordneten Messsensoren (30) mit einem Profilschnitt des Messobjektes (2), wobei die Messsensoren (30) als Laserschnittsensoren ausgestaltet sind,
- 15 - Bewegen der Trägereinheit (3) in einer in einem Winkel auf der Messebene stehenden Längsrichtung (z) relativ zu dem Messobjekt (2),
- Zustellen wenigstens eines der Messsensoren (30) in der Messebene relativ zu dem Profilschnitt derart, dass ein Abstand zwischen dem wenigstens einen Messsensor (30) und dem Messobjekt (2) eine Anforderung an eine Messauflösung des
- 20 Messsensors (30) bezüglich der Oberfläche des Rotorblattes sowohl in einem Nabenbereich des Rotorblattes als auch in einem Blattspitzenbereich erfüllt.
14. Messverfahren nach Anspruch 13, wobei je mindestens ein Profilschnitt des Messobjektes (2) vor und nach dem Bewegen der Trägereinheit (3) und dem Zustellen wenigstens eines der Messsensoren (30) erfasst wird.
- 25
15. Messverfahren nach Anspruch 14, wobei zu jedem Profilschnitt eine Position der Trägereinheit (3) in der Längsrichtung (z) erfasst wird.
- 30 16. Messverfahren nach Anspruch 15, wobei wenigstens ein Profilschnitt in Abhängigkeit von seiner Position in der Längsrichtung (z) korrigiert wird.

17. Messverfahren nach Anspruch 15 oder 16, wobei aus den erfassten Profilschnitten ein Oberflächenprofil des Messobjektes (2) berechnet wird.
18. Messverfahren zur Vermessung einer Oberfläche eines Messobjektes (2), insbesondere eines Rotorblattes einer Windenergieanlage, unter Verwendung eines Messsystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12.
19. Verfahren zur Qualitätssicherung eines Rotorblattes einer Windenergieanlage als Messobjekt (2) unter Verwendung eines Messsystems (1) insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei
- das Messsystem (1) eine Oberfläche des Messobjektes (2) zunächst mit einer ersten Auflösung vermisst,
- die Oberfläche des Messobjektes (2) mit der ersten Auflösung mit einer Referenzoberfläche verglichen wird,
- wobei das Messsystem (1) in dem Fall, dass eine Abweichung der Oberfläche des Messobjektes (2) mit der ersten Auflösung von der Referenzoberfläche einen Schwellwert überschreitet, die Oberfläche des Messobjektes (2) mit einer zweiten, höheren Auflösung vermisst.



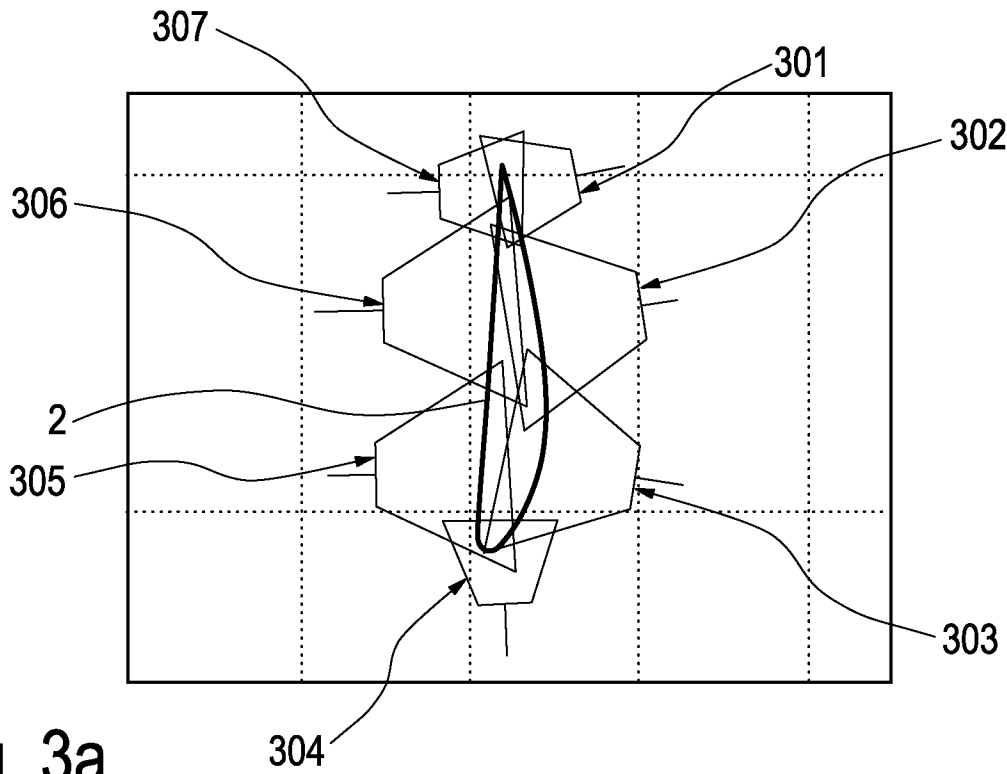


Fig. 3a

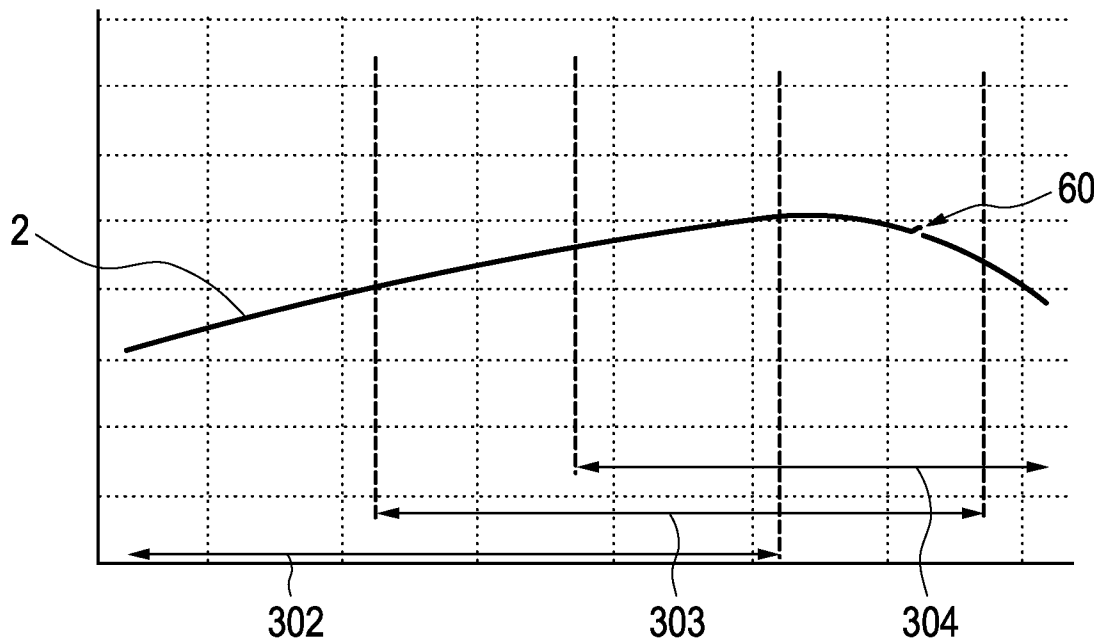


Fig. 3b

3/5

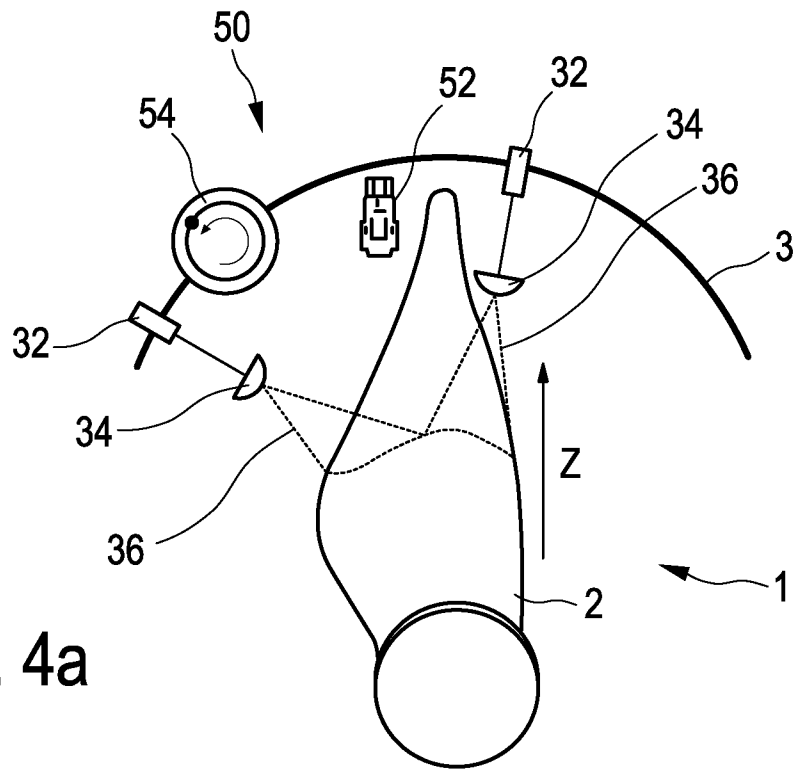


Fig. 4a

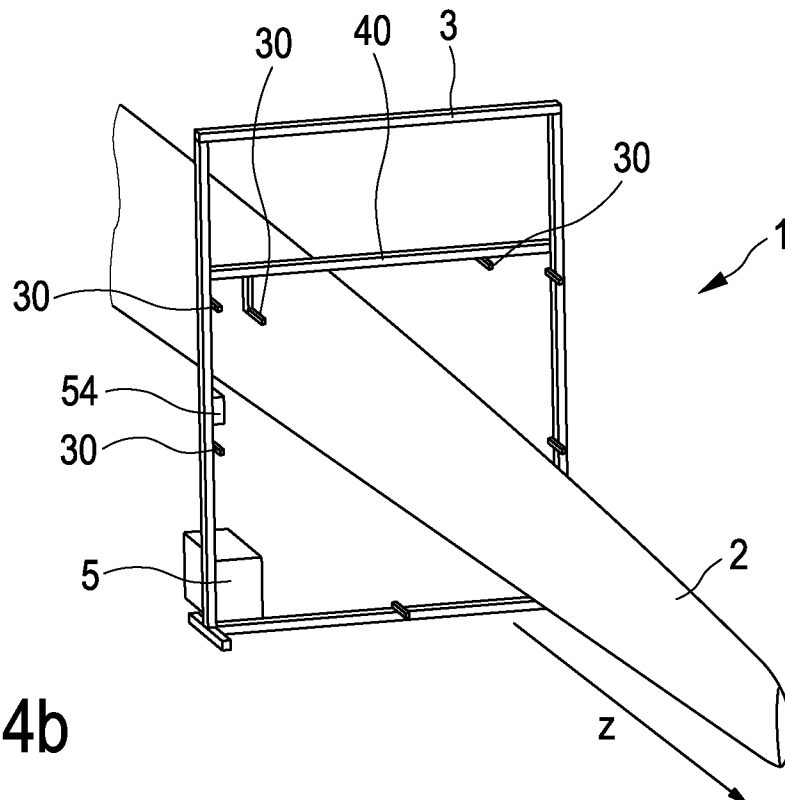


Fig. 4b

4/5

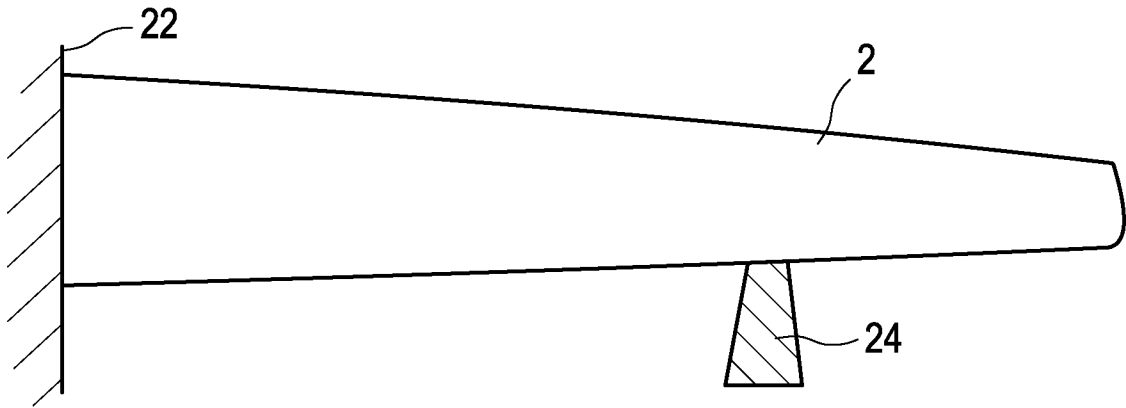


Fig. 5

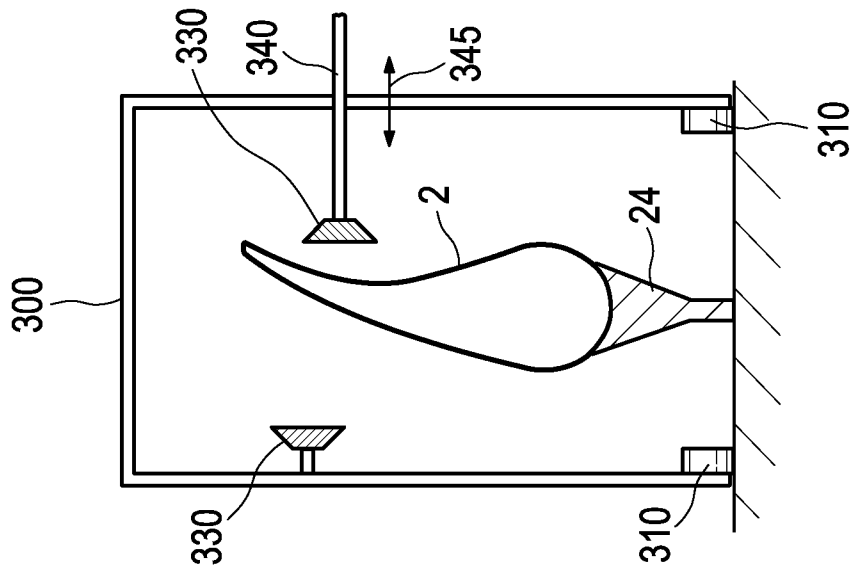


Fig. 6a

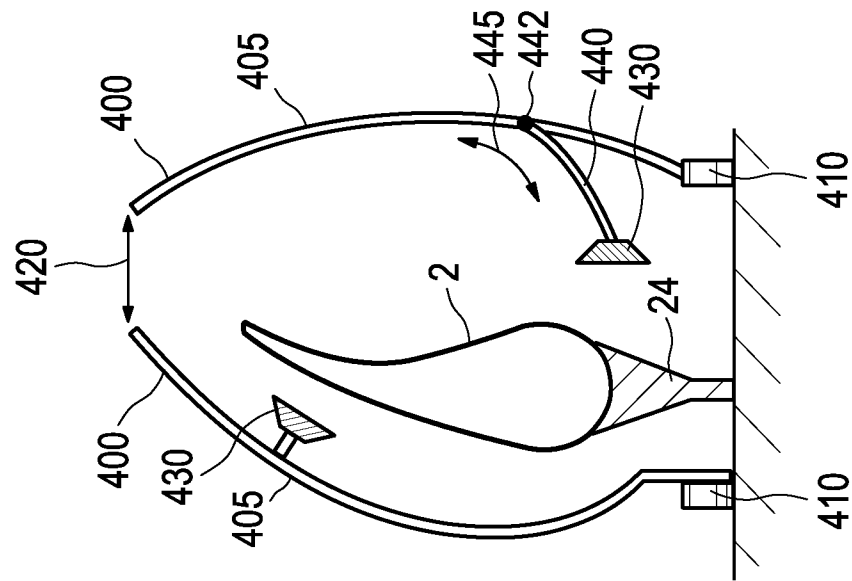


Fig. 6b

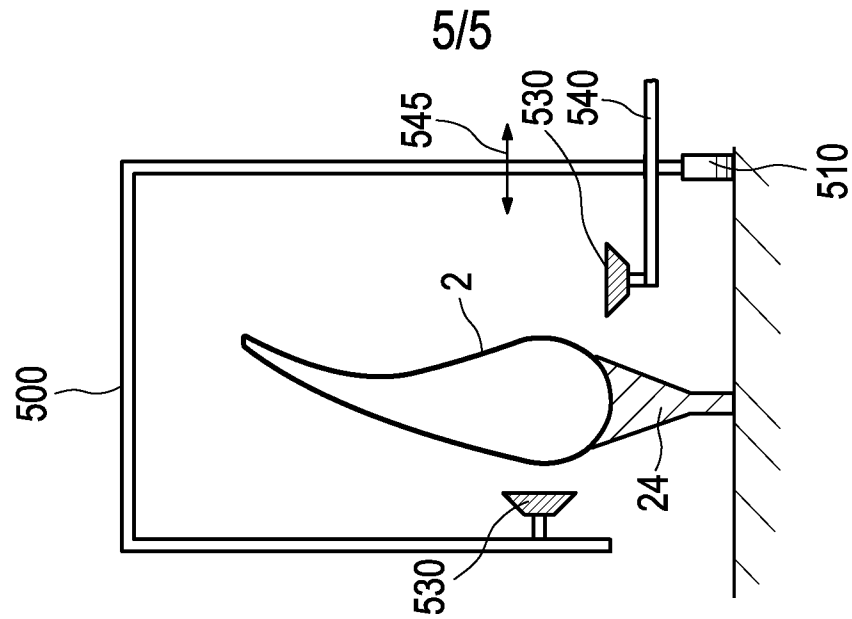


Fig. 6c

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/057436

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F03D17/00 G01B11/24 G01B11/245
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F03D G01B

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 473 010 A2 (ZEISS CARL FA [DE]; ZEISS STIFTUNG [DE]) 4 March 1992 (1992-03-04)	19
Y	column 4, lines 6-36; figures 1,2	1-18
Y	DE 10 2011 000304 A1 (DATA M SHEET METAL SOLUTIONS GMBH [DE]) 26 July 2012 (2012-07-26) paragraph [0025] - paragraph [0026]	1-18
Y	EP 2 615 409 A1 (MITUTOYO CORP [JP]) 17 July 2013 (2013-07-17) claim 1; figure 5	6,7,16
Y	US 2006/241404 A1 (DE LA BARRERA JOSE LUIS M [DE] ET AL) 26 October 2006 (2006-10-26) paragraph [0036]	12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

28 June 2017

Date of mailing of the international search report

06/07/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Król, Marcin

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/057436

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0473010	A2	04-03-1992	DE 4026942 A1	27-02-1992
			EP 0473010 A2	04-03-1992
			JP 3021815 B2	15-03-2000
			JP H04254706 A	10-09-1992

DE 102011000304	A1	26-07-2012	CA 2825250 A1	02-08-2012
			CN 103328923 A	25-09-2013
			DE 102011000304 A1	26-07-2012
			EP 2668468 A1	04-12-2013
			US 2014029018 A1	30-01-2014
			WO 2012101166 A1	02-08-2012

EP 2615409	A1	17-07-2013	CN 103206933 A	17-07-2013
			EP 2615409 A1	17-07-2013
			JP 6113958 B2	12-04-2017
			JP 2013145156 A	25-07-2013
			US 2013185010 A1	18-07-2013

US 2006241404	A1	26-10-2006	DE 102006005036 A1	07-09-2006
			JP 2006258798 A	28-09-2006
			US 2006241404 A1	26-10-2006

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F03D17/00 G01B11/24 G01B11/245
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F03D G01B

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 473 010 A2 (ZEISS CARL FA [DE]; ZEISS STIFTUNG [DE]) 4. März 1992 (1992-03-04)	19
Y	Spalte 4, Zeilen 6-36; Abbildungen 1,2	1-18
Y	DE 10 2011 000304 A1 (DATA M SHEET METAL SOLUTIONS GMBH [DE]) 26. Juli 2012 (2012-07-26) Absatz [0025] - Absatz [0026]	1-18
Y	EP 2 615 409 A1 (MITUTOYO CORP [JP]) 17. Juli 2013 (2013-07-17) Anspruch 1; Abbildung 5	6,7,16
Y	US 2006/241404 A1 (DE LA BARRERA JOSE LUIS M [DE] ET AL) 26. Oktober 2006 (2006-10-26) Absatz [0036]	12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"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)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"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

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. Juni 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/07/2017

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

Król, Marcin

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/057436

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0473010 A2	04-03-1992	DE 4026942 A1	27-02-1992
		EP 0473010 A2	04-03-1992
		JP 3021815 B2	15-03-2000
		JP H04254706 A	10-09-1992

DE 102011000304 A1	26-07-2012	CA 2825250 A1	02-08-2012
		CN 103328923 A	25-09-2013
		DE 102011000304 A1	26-07-2012
		EP 2668468 A1	04-12-2013
		US 2014029018 A1	30-01-2014
		WO 2012101166 A1	02-08-2012

EP 2615409 A1	17-07-2013	CN 103206933 A	17-07-2013
		EP 2615409 A1	17-07-2013
		JP 6113958 B2	12-04-2017
		JP 2013145156 A	25-07-2013
		US 2013185010 A1	18-07-2013

US 2006241404 A1	26-10-2006	DE 102006005036 A1	07-09-2006
		JP 2006258798 A	28-09-2006
		US 2006241404 A1	26-10-2006
