

(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
20. August 2020 (20.08.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/164933 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01L 5/24 (2006.01) F16B 31/02 (2006.01)
G01L 1/14 (2006.01) G01D 5/241 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/052532

(22) Internationales Anmeldedatum:
03. Februar 2020 (03.02.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 103 625.9
13. Februar 2019 (13.02.2019) DE

(71) Anmelder: FISCHERWERKE GMBH & CO. KG
[DE/DE]; Klaus-Fischer-Straße 1, 72178 Waldachtal (DE).

(72) Erfinder: FREUDIGMANN, Lars; Erberhardstr. 37,
72770 Reutlingen (DE). HORN, Sebastian; Altblickstr. 8,
72184 Eutingen i.G. (DE). RIEXINGER, Sven; Rheinstr.
11, 77767 Appenweier (DE).

(74) Anwalt: SUCHY, Ulrich; fischerwerke GmbH & Co. KG,
Klaus-Fischer-Straße 1, 72178 Waldachtal (DE).

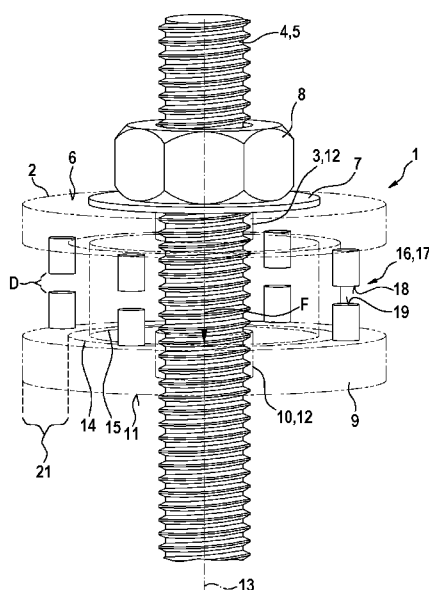
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO,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

(54) Title: FORCE MEASURING DEVICE

(54) Bezeichnung: KRAFTMESSVORRICHTUNG

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a force measuring device (1) which comprises a first force absorption element (2) and a second force absorption element (9). A load-free region (21) is arranged between the first and the second force absorption element (2, 9), in which region capacitors (16) are arranged. The capacitors (16) can detect tilting of the force absorption elements (2, 9) relative to one another, which results in a change in distance between first and second capacitor surfaces (18, 19) of the capacitors (16). The load-free region (21) means that force is not applied to the capacitors (16).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Kraftmessvorrichtung (1), die einen ersten Kraftaufnahmekörper (2) und einen zweiten Kraftaufnahmekörper (9) aufweist. Zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper (2, 9) ist ein lastfreier Bereich (21) angeordnet, in welchem Kondensatoren (16) angeordnet sind. Durch die Kondensatoren (16) ist eine Verkipfung der Kraftaufnahmekörper (2, 9) zueinander detektierbar, was in einer Abstandsänderung zwischen ersten und zweiten Kondensatorflächen (18, 19) der Kondensatoren (16) resultiert. Durch den lastfreien Bereich (21) werden die Kondensatoren (16) nicht kraftbeaufschlagt.

WO 2020/164933 A1

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*
- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Beschreibung

5

Kraftmessvorrichtung

10 Die Erfindung betrifft eine Kraftmessvorrichtung zur Messung und Überwachung einer Vorspannkraft einer mechanischen Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

15 Eine derartige Kraftmessvorrichtung ist in der Offenlegungsschrift DE 10 2016 219 953 A1 offenbart. Die in der Offenlegungsschrift offenbarte Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung der Vorspannkraft einer mechanischen Verbindung, die zwischen einem Bauteil und einem Befestigungsgrund hergestellt wird. Die Vorspannkraft wird hierbei durch eine Schraube erzeugt, die durch das Bauteil in den Befestigungsgrund geschraubt ist, wobei ein Schraubenkopf mit dem Bauteil in Anlage tritt. Zwischen dem Schraubenkopf und dem Bauteil ist ein Sensorelement in Form einer Unterlegscheibe angeordnet. Dieses
20 Sensorelement beinhaltet drei kapazitive Sensoren, wobei die kapazitiven Sensoren derart zueinander radial bezüglich der Schraube angeordnet sind, dass eine Verkipfung der Schraube bezüglich des Untergrunds, respektive eine Verkipfung des Bauteils bezüglich des Untergrunds, detektierbar ist. Die kapazitiven Sensoren bilden hierbei in einer Ebene parallel zum Untergrund die Endpunkte eines gedachten gleichseitigen
25 Dreiecks. Kommt es zu einer Verkipfung, detektieren die kapazitiven Sensoren, abhängig von der Stärke bzw. der Position der Verkipfung, unterschiedliche Messsignale aufgrund unterschiedlicher Abstände, wodurch auf die Bewegung des Bauteils respektive der Änderung der Vorspannkraft der mechanischen Verbindung rückgeschlossen werden kann.

30

Nachteilig an der in der Offenlegungsschrift dargestellten Lösung ist jedoch, dass das Sensorelement nur bedingt große Vorspannkraft aufnehmen kann, da die Vorspannkraft, die von der Schraube auf das Anbauteil und den Untergrund ausgeübt wird, unmittelbar auf die kapazitiven Sensoren des Sensorkörpers einwirkt. Überschreitet die Vorspannkraft
35 einen von der Ausgestaltung des Sensorkörpers abhängigen Grenzwert, werden die kapazitiven Sensoren unweigerlich beschädigt, im schlimmsten Fall zerstört.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Kraftmessvorrichtung vorzuschlagen, die in der Lage ist, gleichmäßig oder ungleichmäßig verteilte Vorspannkraft von mehreren hundert Kilonewton (kN) aufzunehmen und eine Änderung derartig großer Vorspannkraft zuverlässig detektieren zu können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Die Erfindung schlägt eine Kraftmessvorrichtung zur Messung und Überwachung einer Vorspannkraft einer mechanischen Verbindung vor. Unter einer „mechanischen Verbindung“ ist insbesondere eine Schraubverbindung zu verstehen, bei der ein Anbauteil gegen einen Untergrund planmäßig mit einer Vorspannkraft gedrückt wird, aber auch sämtliche Schraubverbindungen, bei denen eine Detektion einer Änderung der Vorspannkraft relevant ist. Insbesondere ist die vorliegende Erfindung für stark belastete mechanische Verbindungen sowie mechanische Verbindungen im Sicherheitsbereich vorgesehen. Derartige Anwendungen finden sich beispielsweise bei Achterbahnen, Brückenkonstruktionen, Flugzeugen, Zügen oder dergleichen wieder, bei welchen es von größter Wichtigkeit ist, eine Änderung der Vorspannkraft zuverlässig und unmittelbar zu detektieren und sogar in Echtzeit überwachen zu können.

Die Kraftmessvorrichtung umfasst einen ersten, insbesondere hülsenartigen Kraftaufnahmekörper mit einer ersten Durchgangsöffnung und einen zweiten, insbesondere hülsenartigen Kraftaufnahmekörper mit einer zweiten Durchgangsöffnung, wobei die erste und die zweite Durchgangsöffnung einen gemeinsamen Durchgang der Kraftmessvorrichtung zur Aufnahme eines Befestigungselements bilden. Der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper sind insbesondere geometrisch identisch ausgestaltet. Das Befestigungselement ist insbesondere eine Schraube mit einem Schraubenkopf oder eine Gewindestange, an der eine Mutter angeordnet ist. Das Befestigungselement kann jedoch auch als Spreizanker oder Verbundanker ausgeführt sein, wobei diese Aufzählung nicht abschließend ist. Der Durchgang der Kraftmessvorrichtung erstreckt sich entlang einer Kraftmessvorrichtungslängsachse, wobei das Befestigungselement in Richtung der Kraftmessvorrichtungslängsachse in den Durchgang einführbar ist. Anders gesprochen sind der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper auf das Befestigungselement aufsteckbar.

Der erste Kraftaufnahmekörper weist insbesondere eine erste, insbesondere plane, Anlagefläche auf, wobei die erste Anlagefläche zur Anlage einer Mutter, eines

Schraubenkopfes oder dergleichen des Befestigungselements dient, wenn der erste Kraftaufnahmekörper auf das Befestigungselement aufgesteckt ist. Zwischen der ersten Anlagefläche und dem Befestigungselement kann zudem eine Unterlegscheibe angeordnet sein. Der zweite Kraftaufnahmekörper weist insbesondere eine zweite, insbesondere plane, Anlagefläche auf, wobei die zweite Anlagefläche zur Anlage am Anbauteil oder am Befestigungsgrund selbst vorgesehen ist. Insbesondere sind, wenn der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper auf dem Befestigungselement angeordnet, sprich aufgesteckt sind, die erste und die zweite Anlagefläche parallel zueinander orientiert. Somit wird eine durch das Befestigungselement hervorgerufene Vorspannkraft auf den Befestigungsgrund von dem Befestigungselement über den ersten Kraftaufnahmekörper und den zweiten Kraftaufnahmekörper auf den Befestigungsgrund übertragen. Anders gesprochen verspannt das Befestigungselement den ersten und den zweiten Kraftaufnahmekörper gegeneinander und gegen den Befestigungsgrund. Die Kraftaufnahmekörper müssen nicht zwangsläufig hülsenartig ausgestaltet sein. Eine plattenartige oder scheibenartige Ausgestaltung der Aufnahmekörper ist ebenfalls möglich. Wesentlich für die Erfindung ist lediglich, dass beide Aufnahmekörper eine Durchgangsöffnung zur Aufnahme des Befestigungselements aufweisen.

Zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper sind mehrere Sensorelemente angeordnet, die jeweils und insbesondere in einem gleichen Abstand radial zu der Kraftmessvorrichtungslängsachse beabstandet angeordnet sind. Mit „zwischen“ ist gemeint, dass wenn der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper auf das Befestigungselement aufgesteckt sind, sich die Sensorelemente räumlich und bezogen auf die Kraftmessvorrichtungslängsachse gesehen zwischen den Kraftaufnahmekörpern befinden. Hierbei können die Sensorelemente auch über eine maximale radiale Ausdehnung des ersten und des zweiten Kraftaufnahmekörpers bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse hervorstehen und im Extremfall gänzlich außerhalb der radialen Ausdehnung der Kraftaufnahmekörper angeordnet sein. Zudem sind die Sensorelemente auch in Umfangsrichtung voneinander beabstandet. Insbesondere weist die Kraftmessvorrichtung mindestens zwei Sensorelemente auf. Mindestens zwei Sensorelemente sind notwendig, um eine Verkipfung des ersten und des zweiten Kraftaufnahmekörpers zueinander und somit eine Änderung der Vorspannkraft in zumindest zwei Richtungen zu detektieren. Bevorzugt ist jedoch eine Überwachung der Vorspannkraft in einer Ebene, wobei die Ebene orthogonal zur Kraftmessvorrichtungslängsachse orientiert ist. Bevorzugt weist die Kraftmessvorrichtung hierfür mindestens drei Sensorelemente auf, wobei die Sensorelemente insbesondere auf

einem Kreis in der Ebene in Abständen von maximal 120° zueinander angeordnet sind. Besonders bevorzugt weist die Kraftmessvorrichtung jedoch mindestens vier Sensorelemente auf, welche insbesondere auf einem Kreis in der Ebene in Abständen von maximal 90° zueinander angeordnet sind. Durch die spezielle Anordnung mehrerer

5 Sensorelemente ist es möglich, eine Verkipfung des ersten und des zweiten Kraftaufnahmekörpers zueinander in der Ebene zu detektieren. Eine Verkipfung resultiert in verschiedenen großen Messsignalen der Sensorelemente, wodurch auf die Änderung der Vorspannkraft rückgeschlossen werden kann. Ändert sich die Vorspannkraft gleichmäßig, werden also der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper gleichmäßig voneinander

10 beabstandet, detektieren alle Sensorelemente näherungsweise gleich große Messsignale. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die beiden Kraftaufnahmekörper durch Anziehen der Mutter des Befestigungselements, gegeneinander verspannt werden. Als Sensorelemente können prinzipiell jede Art von Sensorelementen dienen, die in der Lage sind, eine relative Bewegung des ersten und des zweiten Kraftaufnahmekörpers zueinander festzustellen,

15 wenn die Kraftaufnahmekörper am Befestigungselement angeordnet sind. Hierzu zählen insbesondere Sensorelemente, die als Kondensatoren ausgebildet sind, wobei ein Sensorelement insbesondere zwei Kodensatorflächen umfasst, die einen Kondensator bilden. Auch Sensorelemente, die im Wesentlichen auf einer optischen Abstandsmessung basieren, wie es beispielsweise bei der Lasertriangulation der Fall ist, sind vorstellbar.

20 Kennzeichnend für die Erfindung ist, dass zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper ein elastisch deformierbares Lastelement zur Übertragung der durch das Befestigungselement aufgebrachten Vorspannkraft von dem ersten auf den zweiten Kraftaufnahmekörper angeordnet ist und dass zudem zwischen dem ersten und dem

25 zweiten Kraftaufnahmekörper ein lastfreier Bereich angeordnet ist, der keine Vorspannkraft zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper überträgt, wobei die Sensorelemente nur in dem lastfreien Bereich angeordnet sind. Das Lastelement ist insbesondere aus einem Metall hergestellt, welches in der Lage ist, sich bei einer Kraft von mehreren Hundert kN elastisch zu verformen. Auch eine elastisch

30 verformbare Keramik ist denkbar. Das Lastelement weist insbesondere die Form eines sich insbesondere in Richtung der Kraftmessvorrichtungslängsachse erstreckenden Rohrs, Zylinders oder Quaders auf, wobei die Form letztendlich beliebig ausgestaltet sein kann. Bildlich gesprochen, fungiert das Lastelement also als eine Art „elastischer Puffer“ zwischen den Kraftaufnahmekörpern, wobei das Lastelement die Vorspannkraft, die

35 insbesondere ausschließlich in Richtung der Kraftmessvorrichtungslängsachse wirkt, aufnimmt und durch diese reversibel komprimiert wird. Die Vorspannkraft wird somit durch

das Befestigungselement über den ersten Kraftaufnahmekörper auf das Lastelement, den zweiten Kraftaufnahmekörper und schließlich auf das Anbauteil und den Befestigungsgrund übertragen.

5 Das Lastelement ist ebenfalls insbesondere hülsenartig ausgestaltet und insbesondere mit einer Lastelementdurchgangsöffnung zum Aufstecken auf das Befestigungselement
versehen. Insbesondere korrespondiert hierbei die Lastelementdurchgangsöffnung mit
dem gemeinsamen Durchgang der Kraftmessvorrichtung. Das Lastelement kann einteilig
ausgestaltet sein und, wenn es zwischen dem ersten und dem zweiten
10 Kraftaufnahmekörper angeordnet ist, plan mit einer ersten Stirnseite am ersten und plan
mit einer zweiten Stirnseite am zweiten Kraftaufnahmekörper anliegen. Auch ist es
möglich, dass das Lastelement mit einem oder beiden Kraftaufnahmekörpern fest,
insbesondere einstückig, verbunden ist. Insbesondere sind der erste und der zweite
Kraftaufnahmekörper sowie das Lastelement coaxial auf dem Befestigungselement
15 angeordnet. Das Lastelement weist hierbei insbesondere eine Lastelementfläche auf, die
weniger als 90%, insbesondere weniger als 75%, bevorzugt weniger als 60% einer
gemeinsamen Deckfläche entspricht, die zwischen dem ersten und dem zweiten
Kraftaufnahmekörper ausgebildet ist, wenn der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper
auf dem Befestigungselement aufgesteckt sind. Die gemeinsame Deckfläche
20 korrespondiert insbesondere mit der radialen Ausdehnung des ersten und des zweiten
Kraftaufnahmekörpers bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse. Die gemeinsame
Deckfläche ist insbesondere eine Kreisfläche. Durch das Verhältnis der Lastelementfläche
und der gemeinsamen Deckfläche steht insbesondere das Lastelement radial bezüglich
der Kraftmessvorrichtungslängsachse nicht über den ersten und den zweiten
25 Kraftaufnahmekörper über. Insbesondere entsteht hierdurch ein lastfreier Bereich
zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper. Die Gestalt des lastfreien
Bereichs zwischen den Kraftaufnahmekörpern ist von der Ausgestaltung des
Lastaufnahmekörpers abhängig. Unter einem „lastfreien Bereich“ soll ein Bereich
verstanden werden, der nur einen sehr geringen Anteil der Vorspannkraft der
30 mechanischen Verbindung, insbesondere weniger als 5%, insbesondere weniger als 2%,
insbesondere keine Vorspannkraft aufnimmt. Die Sensorelemente sind nur in dem
lastfreien Bereich angeordnet. Dies hat zur Folge, dass, wenn die Kraftmessvorrichtung
wie vorgesehen eingesetzt wird, die Sensorelemente selbst bei Vorspannkraften von
mehreren Hundert kN nicht beschädigt werden, da diese nicht im Kraftfluss der
35 Kraftmessvorrichtung liegen und somit im Wesentlichen nicht belastet sind. Das Material
und der Querschnitt der Lastelemente sind auf die aufzuwendende Kraft abzustimmen. Es

muss gewährleistet sein, dass die Lastelemente stets im elastischen Bereich betrieben werden und sich nicht plastisch verformen.

5 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Kraftmessvorrichtung mehrere elastisch deformierbare Lastelemente auf. Diese sind insbesondere identisch ausgestaltet und bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse radial beabstandet, sowie insbesondere drehsymmetrisch zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper angeordnet. Durch die drehsymmetrische Anordnung sowie durch die insbesondere identische Ausgestaltung der Lastelemente ist gewährleistet, dass die
10 Vorspannkraft gleichmäßig von dem ersten Kraftaufnahmekörper über die Lastelemente auf den zweiten Kraftaufnahmekörper übertragen wird. Unter der „insbesondere identischen Ausgestaltung“ der Lastelemente ist zu verstehen, dass die Lastelemente einen identischen Querschnitt aufweisen sowie aus dem gleichen Material bestehen. Hierdurch ist gewährleistet, dass sich jedes Lastelement unter gleicher Lasteinwirkung
15 gleich stark verformt. Die Lastelemente teilen den ursprünglich insbesondere zusammenhängenden lastfreien Bereich in insbesondere mehrere einzelne lastfreie Teilbereiche. Die lastfreien Bereiche und die Lastelemente sind insbesondere bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse drehsymmetrisch zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper angeordnet.

20 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung korrespondiert die Anzahl der lastfreien Teilbereiche mit der Anzahl der Sensorelemente. Insbesondere ist in jedem der lastfreien Teilbereiche genau ein Sensorelement angeordnet. Dadurch ist gewährleistet, dass eine gleichmäßige oder ungleichmäßige Verteilung der Vorspannkraft auf die
25 Lastelemente zuverlässig detektiert werden kann. Eine ungleichmäßige Verteilung der Vorspannkraft auf die Lastelemente führt dazu, dass die Lastelemente durch das „Verkippen“ des ersten und des zweiten Kraftaufnahmekörpers zueinander ungleich stark komprimiert werden, was folglich an entsprechender Stelle zu einer Verkleinerung des entsprechenden lastfreien Bereichs in Richtung der Kraftmessvorrichtungslängsachse
30 führt. Ein im entsprechenden lastfreien Bereich angeordneter Sensor detektiert diese Verkipfung und sendet ein Messsignal über welches Rückschlüsse auf die Stärke der Verkipfung gezogen werden können.

35 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Sensorelemente als Kondensatoren mit einer ersten und einer zweiten Kondensatorfläche ausgestaltet. Insbesondere sind die Kondensatoren als Plattenkondensatoren ausgeführt, die optional

ein Dielektrikum aufweisen können. Eine Änderung eines Abstandes der Kondensatorflächen relativ zueinander, sprich eine Verkleinerung des entsprechenden lastfreien Bereichs in Richtung der Kraftmessvorrichtungslängsachse, führt zu einer Kapazitätsänderung des jeweiligen Kondensators. In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung steht die erste Kondensatorfläche mit dem ersten Kraftaufnahmekörper und die zweite Kondensatorfläche mit dem zweiten Kraftaufnahmekörper in Wirkverbindung. Unter „in Wirkverbindung“ ist zu verstehen, dass eine Bewegung des ersten und/oder des zweiten Kraftaufnahmekörpers durch eine Komprimierung des Lastelements beziehungsweise der Lastelemente unmittelbar zu einer Bewegung der ersten und/oder der zweiten Kondensatorfläche zueinander führt. Insbesondere sind die entsprechenden Kondensatorflächen am jeweiligen Kraftaufnahmekörper klebend befestigt. Die Kondensatorflächen weisen insbesondere eine kreisrunde Form auf und sind insbesondere identisch ausgestaltet. Auch andere Formen, wie die für Plattenkondensatoren übliche Rechteck- oder Quadratform, sind möglich. Die optional zwischen den Kondensatorflächen angeordneten Dielektrika weisen insbesondere eine mit der Form der Kondensatorflächen korrespondierende Form auf. Die Kondensatorflächen sind insbesondere derart an den Kraftaufnahmekörpern befestigt, dass die Kondensatorflächen in einer Ebene liegen, die im unbelasteten Zustand orthogonal zur Kraftmessvorrichtungslängsachse orientiert sind.

Eine relative Position der ersten und der zweiten Kondensatorfläche zueinander ist durch eine Deformation des elastisch deformierbaren Lastelements beziehungsweise durch eine Deformation eines der elastisch deformierbaren Lastelemente veränderbar. Eine Änderung der Vorspannkraft führt zu einer elastischen Stauchung oder einer elastischen Expansion des Lastelements oder der Lastelemente. Diese Stauchung oder Expansion korrespondiert unmittelbar mit einer Abstandsänderung der Kondensatorflächen, wodurch auf die Größe der Änderung der Vorspannkraft rückgeschlossen werden kann. Hierzu dient eine Messelektronik, die mit jedem Sensorelement verbunden ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung erstrecken sich die Lastelemente in Richtung der Kraftmessvorrichtungslängsachse und sind am ersten Kraftaufnahmekörper drehsymmetrisch bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse angeordnet. Bildlich gesprochen stehen die Lastelemente insbesondere zapfenartig vom ersten Kraftaufnahmekörper in Richtung des zweiten Kraftaufnahmekörpers ab. Die Drehsymmetrie ist abhängig von der Anzahl der Lastelemente. Insbesondere sind vier Lastelemente an dem ersten Kraftaufnahmekörper angeordnet, die jeweils einen 90°-

Winkel zueinander einschließen und somit eine vierzählige Drehsymmetrie bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse aufweisen. Sind lediglich drei Lastelemente angeordnet, weisen diese folglich jeweils einen 120°-Winkel zueinander und somit eine dreizählige Drehsymmetrie auf. Die Lastelemente können auch oder alternativ am zweiten Kraftaufnahmekörper angeordnet sein, ohne den erfindungsgemäßen Gedanken zu verlassen. Im Folgenden wird jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich der Fall beschrieben, dass die Lastelemente am ersten Kraftaufnahmekörper angeordnet sind.

Um zu vermeiden, dass der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper, wenn diese auf dem Befestigungselement angeordnet sind, relativ zueinander bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse verdreht werden können, was zu einer Beschädigung der Sensorelemente oder zumindest zu Messungenauigkeiten führen könnte, sind in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung am zweiten Kraftaufnahmekörper Lagerelemente insbesondere drehsymmetrisch bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse angeordnet. Bildlich gesprochen, stehen auch hier die Lagerelemente insbesondere zapfenartig vom zweiten Kraftaufnahmekörper in Richtung des ersten Kraftaufnahmekörpers ab. Die Anzahl der Lagerelemente korrespondiert insbesondere mit der Anzahl der Lastelemente. Insbesondere weisen die Lagerelemente eine identische Drehsymmetrie bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse wie die Lastelemente auf. Die Lagerelemente können auch oder alternativ am ersten Kraftaufnahmekörper angeordnet sein. Es ist generell möglich, dass die Lastelemente und die Lagerelemente auf dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper verteilt angeordnet sind. Auch hier wird im Folgenden lediglich der Fall beschrieben, dass die Lagerelemente nur am zweiten Kraftaufnahmekörper angeordnet sind.

Die Lagerelemente und die Lastelemente sind in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung alternierend zueinander angeordnet, wobei die elastisch deformierbaren Lastelemente und die Lagerelemente ähnlich einer Nut-Zapfen-Verbindung insbesondere formschlüssig und spielpassungsartig ineinandergreifen. Hierdurch weisen der erste Kraftaufnahmekörper mit den insbesondere daran angeordneten Lastelementen und der zweite Kraftaufnahmekörper mit den insbesondere daran angeordneten Lagerelementen insbesondere jeweils eine Gestalt ähnlich eines Nutmutterschlüssels auf, wobei ein Nutmutterschlüssel jeweils in eine Nut des anderen Nutmutterschlüssels eingreift.

Insbesondere ist jeweils zwischen zwei benachbarten elastisch deformierbaren Lastelementen ein lastfreier Teilbereich ausgebildet. Die lastfreien Teilbereiche sind insbesondere dadurch gebildet, dass sich die Lagerelemente weniger weit vom zweiten Kraftaufnahmekörper in Richtung des ersten Kraftaufnahmekörpers erstrecken als die

5 Lastelemente vom ersten Kraftaufnahmekörper in Richtung des zweiten Kraftaufnahmekörpers. Somit stützen sich der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper über die Lastelemente aneinander ab, wohingegen die Lagerelemente nicht mit dem ersten Kraftaufnahmekörper in Kontakt treten.

10 Um eine möglichst optimale Verdrehsicherung des ersten und des zweiten Kraftaufnahmekörpers zueinander zu gewährleisten, weisen in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung die Lagerelemente und die elastisch deformierbaren Lastelemente in einer Radialebene bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse identische Querschnittsflächen auf. Die Querschnittsflächen sind insbesondere als

15 identisch große Kreissegmente ausgestaltet.

Eine einfache Konstruktion der Kraftmessvorrichtung wird in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung dadurch realisiert, dass der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper einstückig miteinander verbunden sind. Dies kann beispielsweise

20 dadurch realisiert sein, dass die lastfreien Bereiche durch Ausnehmungen, beispielsweise durch Einfräsungen, die in einer Richtung orthogonal zur Kraftmessvorrichtungslängsachse hergestellt werden, hergestellt sind. Auch andere geeignete materialabtragende Verfahren sind möglich. Eine derartige Ausgestaltung der Kraftmessvorrichtung zeichnet sich durch eine besondere Robustheit aus.

25 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Lastelemente einstückig mit dem insbesondere ersten Kraftaufnahmekörper und die Lagerelemente einstückig mit dem insbesondere zweiten Kraftaufnahmekörper verbunden. Dies kann beispielsweise durch eine stoffschlüssige Verbindung realisiert sein. Auch können die

30 Lagerelemente und die Lastelemente an den entsprechenden Kraftaufnahmekörpern durch ein additives Fertigungsverfahren, ein Sinterverfahren oder dergleichen hergestellt sein. Generell kann eine Vielzahl von materialabtragenden oder materialaufbringenden Verfahren angewendet werden, um die Lastelemente an dem ersten Kraftaufnahmekörper respektive die Lagerelemente an dem zweiten Kraftaufnahmekörper herzustellen.

Damit äußere Einflüsse auf die Kraftmessvorrichtung, insbesondere auf die Sensorelemente, soweit wie möglich reduziert werden, ist in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung die Kraftmessvorrichtung in einer witterungsbeständigen Schutzschicht eingebettet. Diese Schutzschicht besteht insbesondere aus einem witterungsbeständigen Kunststoff, einem gummiartigen Material, einer Wachsschicht oder dergleichen. Eine Anforderung, die an die Schutzschicht gestellt werden muss, ist lediglich, dass eine Funktion der Kraftmessvorrichtung nicht beeinflusst wird, jedoch der gewünschte Schutz geboten ist. Durch das Vorhandensein einer Schutzschicht kann die Kraftmessvorrichtung vor Staub, Feuchtigkeit und Schmutz geschützt werden, was einen Einsatz in trockenen sowie feuchten Gebieten und sogar unter Wasser ermöglicht.

Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen, Ausführungen und Ausgestaltungen der Erfindung, sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in einer Figur gezeichneten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen oder gezeichneten Kombination, sondern auch in grundsätzlich beliebigen anderen Kombinationen oder aber einzeln verwendbar. Es sind Ausführungen der Erfindung möglich, die nicht alle Merkmale eines abhängigen Anspruchs aufweisen. Auch können einzelne Merkmale eines Anspruchs durch andere offenbarte Merkmale oder Merkmalskombinationen ersetzt werden. Ausführungen der Erfindung, die nicht alle Merkmale des oder der Ausführungsbeispiele, sondern einen grundsätzlich beliebigen Teil der gekennzeichneten Merkmale eines Ausführungsbeispiels gegebenenfalls in Kombination mit einem, mehreren oder allen Merkmalen eines oder mehrerer weiteren Ausführungsbeispiele aufweisen, sind möglich.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von drei Ausführungsbeispielen erklärt.

Es zeigen:

- Figur 1 eine erste erfindungsgemäße Kraftmessvorrichtung in einer perspektivischen teiltransparenten Darstellung;
- Figur 2 eine zweite erfindungsgemäße Kraftmessvorrichtung in einer perspektivischen teiltransparenten Darstellung; und

Figur 3 eine dritte erfindungsgemäße Kraftmessvorrichtung in einer perspektivischen teiltransparenten Darstellung.

Figur 1 zeigt eine erste erfindungsgemäße Kraftmessvorrichtung 1. Diese ist perspektivisch und, zur besseren Darstellung der einzelnen Komponenten, teiltransparent dargestellt. Die Kraftmessvorrichtung 1 umfasst einen ersten scheibenförmigen Kraftaufnahmekörper 2. Der erste Kraftaufnahmekörper 2 weist eine erste Durchgangsöffnung 3 auf, welche mittig im ersten Kraftaufnahmekörper 2 angeordnet ist. Die Durchgangsöffnung 3 dient zur Aufnahme eines Befestigungselements 4 in Form einer Gewindestange 5. Weiter weist der erste Kraftaufnahmekörper 2 eine erste plane Anlagefläche 6 zur Anlage einer Unterlegscheibe 7 und einer Mutter 8 auf, wobei die Mutter 8 auf die Gewindestange 5 aufgeschraubt ist. Die Kraftmessvorrichtung 1 umfasst weiter einen zweiten scheibenförmigen Kraftaufnahmekörper 9. Der zweite Kraftaufnahmekörper 9 weist eine zweite Durchgangsöffnung 10 auf, welche mittig im zweiten Kraftaufnahmekörper 9 und coaxial zur ersten Durchgangsöffnung 3 angeordnet ist. Der zweite Kraftaufnahmekörper 9 ist über die zweite Durchgangsöffnung 10 auf die Gewindestange 5 aufgesteckt. Der zweite Kraftaufnahmekörper 9 weist eine zweite plane Anlagefläche 11 zur Anlage des zweiten Kraftaufnahmekörpers 9 an einem Anbauteil oder einem Befestigungsgrund (beides nicht dargestellt) auf. Die Gewindestange 5 ist beispielsweise in dem Befestigungsgrund verankert und hält das Anbauteil am Befestigungsgrund. Die erste Durchgangsöffnung 3 des ersten Kraftaufnahmekörpers 2 und die zweite Durchgangsöffnung 10 des zweiten Kraftaufnahmekörpers 9 bilden einen gemeinsamen Durchgang 12 für die Gewindestange 5. Der erste Kraftaufnahmekörper 2 und der zweite Kraftaufnahmekörper 9 sind bezüglich einer Kraftmessvorrichtungslängsachse 13 drehsymmetrisch. Zwischen dem ersten Kraftaufnahmekörper 2 und dem zweiten Kraftaufnahmekörper 9 ist ein Lastelement 14 angeordnet. Das Lastelement 14 ist hülsenartig ausgestaltet und weist eine Lastelementdurchgangsöffnung 15 zur Aufnahme der Gewindestange 5 auf. Das Lastelement 14 ist ebenfalls drehsymmetrisch bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse 13 ausgestaltet und coaxial zum ersten Kraftaufnahmekörper 2 und zum zweiten Kraftaufnahmekörper 9 angeordnet. Das Lastelement 14 ist einstückig mit dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper 2, 9 verbunden. Das Lastelement 14 weist bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse 13 eine geringere radiale Ausdehnung als der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper 2, 9 bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse 13 auf. Hierdurch wird zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper 2, 9 ein lastfreier, ringförmiger offener

lastfreier Bereich 21 gebildet. Sowohl der erste Kraftaufnahmekörper 2 als auch der zweite Kraftaufnahmekörper 9 sind aus Stahl hergestellt. Ebenfalls bestehen die Gewindestange 5 und die Mutter 8 aus Stahl.

5 In dem lastfreien Bereich 21 sind zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper 2, 9 vier Sensorelemente 16, die als Kondensatoren 17 ausgebildet sind, angeordnet, wobei die Kondensatoren 17 jeweils eine erste Kondensatorfläche 18 und eine zweite Kondensatorfläche 19 aufweisen. Die Kondensatoren 17 sind in einem identischen Abstand radial von der Kraftmessvorrichtungslängsachse 13 beabstandet und
10 schließen, bezogen auf die Kraftmessvorrichtungslängsachse 13 und die Mitte des jeweiligen Kondensators 17, einen 90°-Winkel zum jeweils benachbarten Kondensator 17 ein. Die ersten Kondensatorflächen 18 sind mit dem ersten Kraftaufnahmekörper 2 und die zweiten Kondensatorflächen 18 mit dem zweiten Kraftaufnahmekörper 9 verbunden. Die ersten Kondensatorflächen 18 und die jeweils zugehörigen zweiten
15 Kondensatorflächen 19 sind deckungsgleich und so orientiert, dass zwischen einer ersten Kondensatorfläche 18 und einer zugehörigen Kondensatorfläche 19 ein elektrisches Feld mittels einer Elektronik (nicht dargestellt) hergestellt werden kann. Die ersten und die zweiten Kondensatorflächen 18, 19 weisen jeweils einen Abstand D zueinander auf, wobei sich der Abstand D in Richtung der Kraftmessvorrichtungslängsachse 13 erstreckt.

20 Wird die Mutter 8 entlang der Gewindestange 5 gegen einen Befestigungsgrund geschraubt, wird eine gewünschte Vorspannkraft F erzeugt, die von der Unterlegscheibe 7 auf den ersten Kraftaufnahmekörper 2, auf das Lastelement 14, auf den zweiten Kraftaufnahmekörper 9 und schließlich auf den Befestigungsgrund und/oder das Anbauteil
25 (beides nicht dargestellt) übertragen wird. Das Lastelement 14 wird hierbei in Richtung der Vorspannkraft F elastisch gestaucht. Die Vorspannkraft F darf nicht derart groß sein, dass sie das Lastelement 14 derart staucht, dass sich die ersten und die zweiten Kondensatorflächen 18, 19 berühren, sprich kein Abstand D mehr zwischen ihnen existiert oder das Lastelement 14 plastisch verformt wird. Die ersten Kondensatorflächen 18 stehen
30 mit dem ersten Kraftaufnahmekörper 2 und die zweiten Kondensatorflächen 19 mit dem zweiten Kraftaufnahmekörper 9 in Wirkverbindung, so dass die jeweilige Kondensatorfläche 18, 19 mit dem jeweiligen Kraftaufnahmekörper 2, 9 mitbewegt wird. Dadurch, dass die Kondensatoren 17 im lastfreien Bereich 21 angeordnet sind, wird keine Vorspannkraft F auf die Kondensatoren 17 übertragen. Der Abstand D ist im Idealfall nach
35 dem Einstellen der gewünschten Vorspannkraft F zwischen allen ersten und zweiten Kondensatorflächen 18, 19 identisch. Zudem sind im Idealfall in diesem Zustand der erste

Kraftaufnahmekörper 2 und der zweite Kraftaufnahmekörper 9 parallel zueinander orientiert.

Verringert sich die Vorspannkraft F , beispielsweise durch eine Verschiebung des Anbauteils bezüglich des Befestigungsgrunds oder aufgrund eines Versagens der Verbindung zwischen der Mutter 8 und der Gewindestange 5, wird sich das Lastelement 14 elastisch zurückverformen und sich dadurch der Abstand D zwischen den ersten und zweiten Kondensatorflächen 18, 19 ändern, was zu einer Änderung der Kapazität des jeweiligen Kondensators 17 führt. Ändern sich die Abstände D von beispielsweise zwei gegenüberliegenden Kondensatoren 17 unterschiedlich, liegt eine Verkipfung des ersten Kraftaufnahmekörpers 2 bezüglich des zweiten Kraftaufnahmekörpers 9 vor, wodurch der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper 2, 9 nicht länger parallel zueinander orientiert sind. Ändern sich die Abstände D aller ersten und zweiten Kondensatorflächen 18, 19 in gleichem Maße, kann von einer generellen Reduzierung der Vorspannkraft F ausgegangen werden. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn die Mutter 8 entgegen der Richtung der Vorspannkraft F gleichmäßig auf der Gewindestange 5 bewegt wird. In diesem Fall sind der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper 2, 9 weiterhin zumindest nahezu parallel zueinander orientiert.

Figur 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Kraftmessvorrichtung 1a. Die Kraftmessvorrichtung 1a ist ähnlich zu der Kraftmessvorrichtung 1 aufgebaut. Daher wird im Folgenden lediglich auf die Unterschiede eingegangen. Die Kraftmessvorrichtung 1a umfasst einen ersten scheibenartigen Kraftaufnahmekörper 2a mit einer ersten Durchgangsöffnung 3a zur Aufnahme eines Befestigungselements wie beispielsweise einer Gewindestange (beides nicht dargestellt) sowie eine erste Anlagefläche 6a zur Anlage des Befestigungselements oder einer Unterlegscheibe (nicht dargestellt). Weiter umfasst die Kraftmessvorrichtung 1a einen zweiten scheibenartigen Kraftaufnahmekörper 9a mit einer zweiten Durchgangsöffnung 10a zur Aufnahme des nicht dargestellten Befestigungselements sowie eine zweite Anlagefläche 11a zur Anlage an einem Anbauteil oder einem Befestigungsgrund (beides nicht dargestellt). Die erste Durchgangsöffnung 3a und die zweite Durchgangsöffnung 10a bilden einen gemeinsamen Durchgang 12a für das Befestigungselement. Der erste Kraftaufnahmekörper 2a und der zweite Kraftaufnahmekörper 9a sind bezüglich einer Kraftmessvorrichtungslängsachse 13a drehsymmetrisch ausgestaltet.

Am zweiten Kraftaufnahmekörper 9a sind vier identisch ausgestaltete kreissegmentartige Lastelemente 14a angeordnet, die einstückig mit dem zweiten Kraftaufnahmekörper 9a verbunden sind und sich parallel zur Kraftmessvorrichtungslängsachse 13a in Richtung des ersten Kraftaufnahmekörpers 2a erstrecken. Die Lastelemente 14a schließen bündig mit der zweiten Durchgangsöffnung 10a ab und erstrecken sich radial bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse 13a bis an einem Außenumfang des zweiten Kraftaufnahmekörpers 9a. Bezogen auf die Kraftmessvorrichtungslängsachse 13a sind die Lastelemente 14a vierzählig drehsymmetrisch am zweiten Kraftaufnahmekörper 9a angeordnet, sprich, benachbarte Lastelemente 14a schließen einen 90°-Winkel zueinander ein. Der erste Kraftaufnahmekörper 2a stützt sich gleichmäßig über die Lastelemente 14a am zweiten Kraftaufnahmekörper 9a ab, wodurch der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper 2a, 9a parallel zueinander orientiert sind. Am ersten Kraftaufnahmekörper 2a sind vier identisch ausgestaltete kreissegmentartige Lagerelemente 20a angeordnet, die kürzer als die Lastelemente 14a sind und sich ebenfalls parallel zur Kraftmessvorrichtungslängsachse 13a in Richtung des zweiten Kraftaufnahmekörpers 9a erstrecken. Die Lagerelemente 20a sind derart ausgestaltet und am ersten Kraftaufnahmekörper 2a angeordnet, dass die Lagerelemente 20a spielpassungsartig in Zwischenräume eingreifen können, die von zwei benachbarten Lastelementen 14a am zweiten Kraftaufnahmekörper 9a gebildet werden. Der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper 2a, 9a greifen somit ähnlich einer Nut-Zapfen-Verbindung ineinander. Die Lagerelemente 20a verhindern, dass der erste Kraftaufnahmekörper 2a bezüglich des zweiten Kraftaufnahmekörpers 9a verdreht werden kann. Dadurch, dass die Lagerelemente 20a bezogen auf die Kraftmessvorrichtungslängsachse 13a „kürzer“ sind als die Lastelemente 14a, entstehen zwischen zwei benachbarten Lastelementen 14a lastfreie Teilbereiche 22a. Insgesamt weist die Kraftmessvorrichtung 1a vier lastfreie Teilbereiche 22a auf, in welchen jeweils ein als Kondensator 17a ausgestaltetes Sensorelement 16a angeordnet ist. Eine erste Kondensatorfläche 18a ist hierbei mit dem ersten Kraftaufnahmekörper 2a und eine zweite Kondensatorfläche 19a mit dem zweiten Kraftaufnahmekörper 9a verbunden. Wird der erste Kraftaufnahmekörper 2a gegenüber dem zweiten Kraftaufnahmekörper 9a mittels einer Vorspannkraft F_a kraftbeaufschlagt, werden lediglich die Lastelemente 14a elastisch deformiert, wobei keine Vorspannkraft F_a auf die Kondensatoren 17a selbst übertragen wird, aber sich trotzdem ein Abstand D_a zwischen den ersten und den zweiten Kondensatorflächen 18a und 19a ändert.

In Figur 3 ist ein drittes Ausführungsbeispiel einer Kraftmessvorrichtung 1b dargestellt. Diese unterscheidet sich von der zweiten Ausführungsform der Kraftmessvorrichtung 1a

im Wesentlichen dadurch, dass ein erster Kraftaufnahmekörper 2b und ein zweiter Kraftaufnahmekörper 9b einstückig ausgebildet sind. Dadurch nehmen der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper 2b, 9b eine Gestalt ähnlich einem Hohlzylinder an. Der erste Kraftaufnahmekörper 2b weist eine erste Durchgangsöffnung 3b und der zweite Kraftaufnahmekörper 9b eine zweite Durchgangsöffnung 10b auf, die einen gemeinsamen Durchgang 12b für ein Befestigungselement (nicht dargestellt) bilden. Der erste Kraftaufnahmekörper 2b weist eine erste Anlagefläche 6b zur Anlage des Befestigungselements und der zweite Kraftaufnahmekörper 9b eine zweite Anlagefläche 11b zur Anlage an einem Untergrund oder einem Anbauteil (beides nicht dargestellt) auf.

Die Kraftmessvorrichtung 1b ist bezüglich einer Kraftmessvorrichtungslängsachse 13b drehsymmetrisch. Die lastfreien Teilbereiche 22b stellen Ausnehmungen in der Kraftmessvorrichtung 1b dar, die beispielsweise durch Herausfräsen realisiert werden können. Die Kraftmessvorrichtung 1b weist vier lastfreie Teilbereiche 22b auf, die bezogen auf die Kraftmessvorrichtungslängsachse 13b eine vierzählige Drehsymmetrie aufweisen, wodurch benachbarte lastfreie Teilbereiche 22b einen 90°-Winkel zueinander einschließen. Vier Lastelemente 14b sind entsprechend zwischen den lastfreien Teilbereichen 22b angeordnet. Ein Lastelement 14b ist stellvertretend durch zwei in Umfangsrichtung der Kraftmessvorrichtung 1b verlaufende gestrichelte Linien in Figur 3 dargestellt. Jeder lastfreie Teilbereich 22b weist ein Sensorelement 16b auf, welches als Kondensator 17b mit einer ersten Kondensatorfläche 18b und einer zweiten Kondensatorfläche 19b ausgestaltet ist. Die erste Kondensatorfläche 18b ist mit dem ersten Kraftaufnahmekörper 2b und die zweite Kondensatorfläche 19b mit dem zweiten Kraftaufnahmekörper 9b verbunden. Wird der erste Kraftaufnahmekörper 2b mit einer Vorspannkraft F_b gegenüber dem zweiten Kraftaufnahmekörper 9b kraftbeaufschlagt, werden die Lastelemente 14b elastisch komprimiert, was zu einer Veränderung eines Abstands zwischen der ersten Kondensatorfläche 18b und der zweiten Kondensatorfläche 19b führt. Die Kraftmessvorrichtung 1b zeichnet sich besonders durch einen robusten und kompakten Aufbau aus.

5

Bezugszeichenliste**Kraftmessvorrichtung**

10

1, 1a, 1b	Kraftmessvorrichtung
2, 2a, 2b	erster Kraftaufnahmekörper
3, 3a, 3b	erste Durchgangsöffnung
4	Befestigungselement
5	Gewindestange
6, 6a, 6b	erste Anlagefläche
7	Unterlegscheibe
8	Mutter
9, 9a, 9b	zweiter Kraftaufnahmekörper
10, 10a, 10b	zweite Durchgangsöffnung
11, 11a, 11b	zweite Anlagefläche
12, 12a, 12b	Durchgang
13, 13a, 13b	Kraftmessvorrichtungslängsachse
14, 14a, 14b	Lastelement
15	Lastelementdurchgangsöffnung
16, 16a, 16b	Sensorelement
17	Kondensator
18, 18a, 18b	erste Kondensatorfläche
19, 19a, 19b	zweite Kondensatorfläche
20a	Lagerelement
21	lastfreier Bereich
22a, 22b	lastfreier Teilbereich
F, F_a, F_b	Vorspannkraft
D, D_a, D_b	Abstand

Ansprüche

5

1. Kraftmessvorrichtung (1, 1a, 1b) zur Messung und Überwachung einer Vorspannkraft (F , F_a , F_b) einer mechanischen Verbindung, wobei die Kraftmessvorrichtung (1, 1a, 1b) einen ersten, insbesondere hülsenartigen, Kraftaufnahmekörper (2, 2a, 2b) mit einer ersten Durchgangsöffnung (3, 3a, 3b) und einen zweiten, insbesondere hülsenartigen, Kraftaufnahmekörper (9, 9a, 9b) mit einer zweiten Durchgangsöffnung (10, 10a, 10b) umfasst, wobei die erste und die zweite Durchgangsöffnung (3, 3a, 3b, 10, 10a, 10b) einen gemeinsamen Durchgang (12, 12a, 12b) der Kraftmessvorrichtung (1, 1a, 1b) zur Aufnahme eines Befestigungselements (4) bilden, wobei sich der Durchgang (12, 12a, 12b) entlang einer Kraftmessvorrichtungslängsachse (13, 13a, 13b) erstreckt, wobei in Richtung der Kraftmessvorrichtungslängsachse (13, 13a, 13b) das Befestigungselement (4) in den Durchgang (12, 12a, 12b) einführbar ist, wobei zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper (2, 2a, 2b; 9, 9a, 9b) mehrere Sensorelemente (16, 16a, 16b), die jeweils radial zu der Kraftmessvorrichtungslängsachse (13, 13a, 13b) beabstandet sind, angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper (2, 2a, 2b; 9, 9a, 9b) ein elastisch deformierbares Lastelement (14, 14a, 14b) zur Übertragung der durch das Befestigungselement (4) aufgebrachten Vorspannkraft (F , F_a , F_b) von dem ersten auf den zweiten Kraftaufnahmekörper (2, 2a, 2b; 9, 9a, 9b) angeordnet ist und dass zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper (2, 2a, 2b; 9, 9a, 9b) zudem ein lastfreier Bereich (21) angeordnet ist, der keine Vorspannkraft (F , F_a , F_b) zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftaufnahmekörper (2, 2a, 2b; 9, 9a, 9b) überträgt, wobei die Sensorelemente (16) nur in dem lastfreien Bereich (21) angeordnet sind.

2. Kraftmessvorrichtung (1a, 1b) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kraftmessvorrichtung (1a, 1b) mehrere elastisch deformierbare Lastelemente (14a, 14b) aufweist.
3. Kraftmessvorrichtung (1a, 1b) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mehreren elastisch deformierbaren Lastelemente (14a, 14b) den lastfreien Bereich (21) in mehrere lastfreie Teilbereiche (22a, 22b) unterteilen.
4. Kraftmessvorrichtung (1a, 1b) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzahl der lastfreien Teilbereiche (22a, 22b) mit der Anzahl der Sensorelemente (16a, 16b) korrespondiert.
5. Kraftmessvorrichtung (1, 1a, 1b) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensorelemente (16, 16a, 16b) als Kondensatoren (17) mit einer ersten und einer zweiten Kondensatorfläche (18, 18a, 18b, 19, 19a, 19b) ausgestaltet sind.
6. Kraftmessvorrichtung (1, 1a, 1b) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Kondensatorfläche (18, 18a, 18b) mit dem ersten Kraftaufnahmekörper (2, 2a, 2b) und die zweite Kondensatorfläche (19, 19a, 19b) mit dem zweiten Kraftaufnahmekörper (9, 9a, 9b) in Wirkverbindung steht.
7. Kraftmessvorrichtung (1, 1a, 1b) nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine relative Position der ersten und der zweiten Kondensatorfläche (18, 18a, 18b; 19, 19a, 19b) zueinander durch eine Deformation des elastisch deformierbaren Lastelements (14) beziehungsweise durch eine Deformation eines der elastisch deformierbaren Lastelemente (14a, 14b) veränderbar ist.
8. Kraftmessvorrichtung (1a, 1b) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elastisch deformierbaren Lastelemente (14a, 14b) sich in Richtung der Kraftmessvorrichtungslängsachse (13a, 13b) erstreckend am ersten Kraftaufnahmekörper (2a, 2b) dreh-symmetrisch bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse (13a, 13b) angeordnet sind.

9. Kraftmessvorrichtung (1a) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** am zweiten Kraftaufnahmekörper (2a) sich in Richtung der Kraftmessvorrichtungslängsachse (13a) erstreckende Lagerelemente (20a) dreh-symmetrisch bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse (13a) angeordnet sind.
10. Kraftmessvorrichtung (1a) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lagerelemente (20a) und die elastisch deformierbaren Lastelemente (14a) alternierend zueinander angeordnet sind, wobei die elastisch deformierbaren Lastelemente (14a) und die Lagerelemente (20a) ähnlich einer Nut-Zapfen-Verbindung insbesondere formschlüssig und spielpassungsartig ineinandergreifen, wobei insbesondere jeweils zwischen zwei benachbarten elastisch deformierbaren Lastelementen (14a) ein lastfreier Teilbereich (22a) ausgebildet ist.
11. Kraftmessvorrichtung (1a) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lagerelemente (20a) und die elastisch deformierbaren Lastelemente (14a) in einer Radialebene bezüglich der Kraftmessvorrichtungslängsachse (13a) identische Querschnittsflächen aufweisen.
12. Kraftmessvorrichtung (1, 1a, 1b) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste und der zweite Kraftaufnahmekörper (2, 2a, 2b; 9, 9a, 9b) einstückig miteinander verbunden sind.
13. Kraftmessvorrichtung (1, 1a, 1b) nach einem der Ansprüche 2 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lastelemente (14, 14a, 14b) einstückig mit dem ersten Kraftaufnahmekörper (2, 2a, 2b) verbunden sind.
14. Kraftmessvorrichtung (1a) nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lagerelemente (20a) einstückig mit dem zweiten Kraftaufnahmekörper (9a) verbunden sind.

15. Kraftmessvorrichtung (1, 1a, 1b) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kraftmessvorrichtung (1, 1a, 1b) in einer witterungsbeständigen Schutzschicht eingebettet ist.

1 / 2

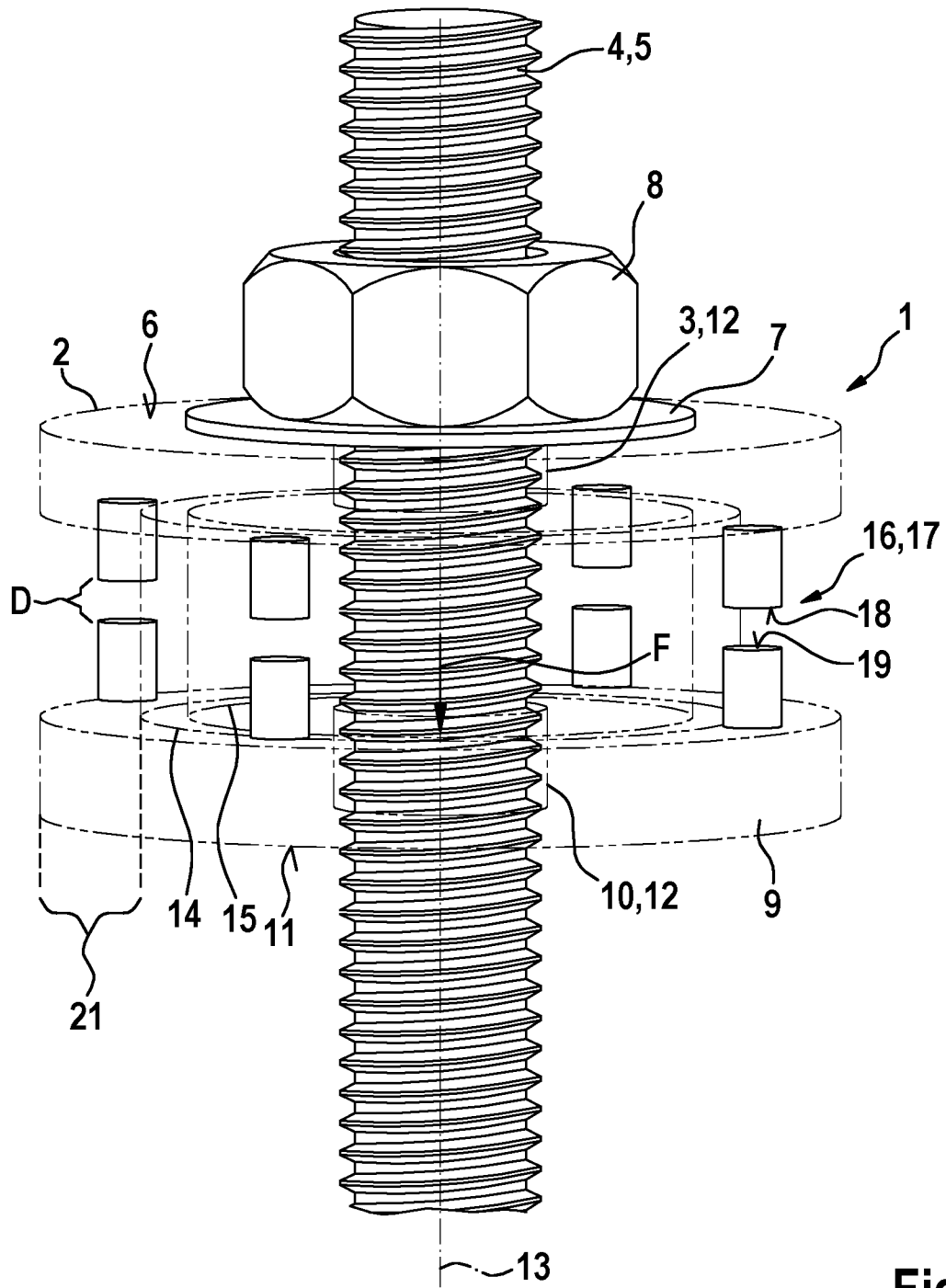


Fig. 1

2 / 2

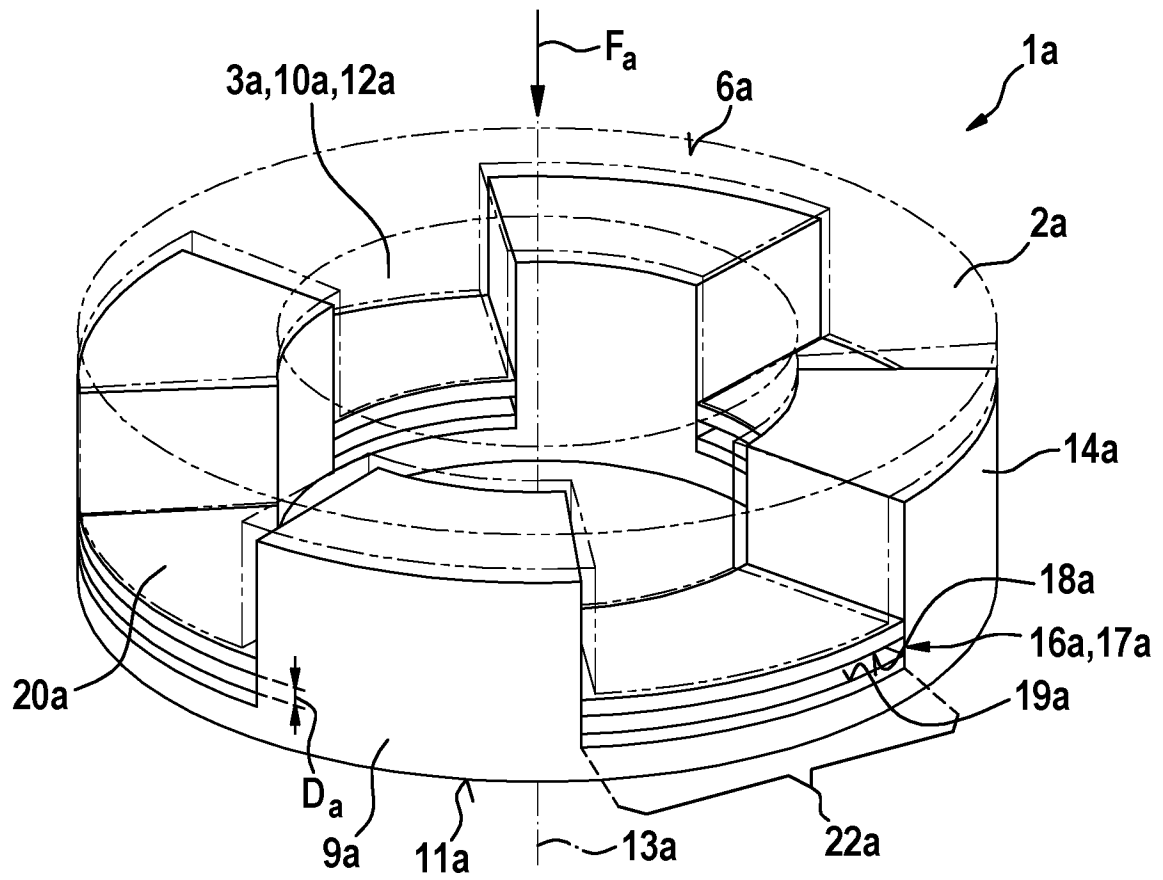


Fig. 2

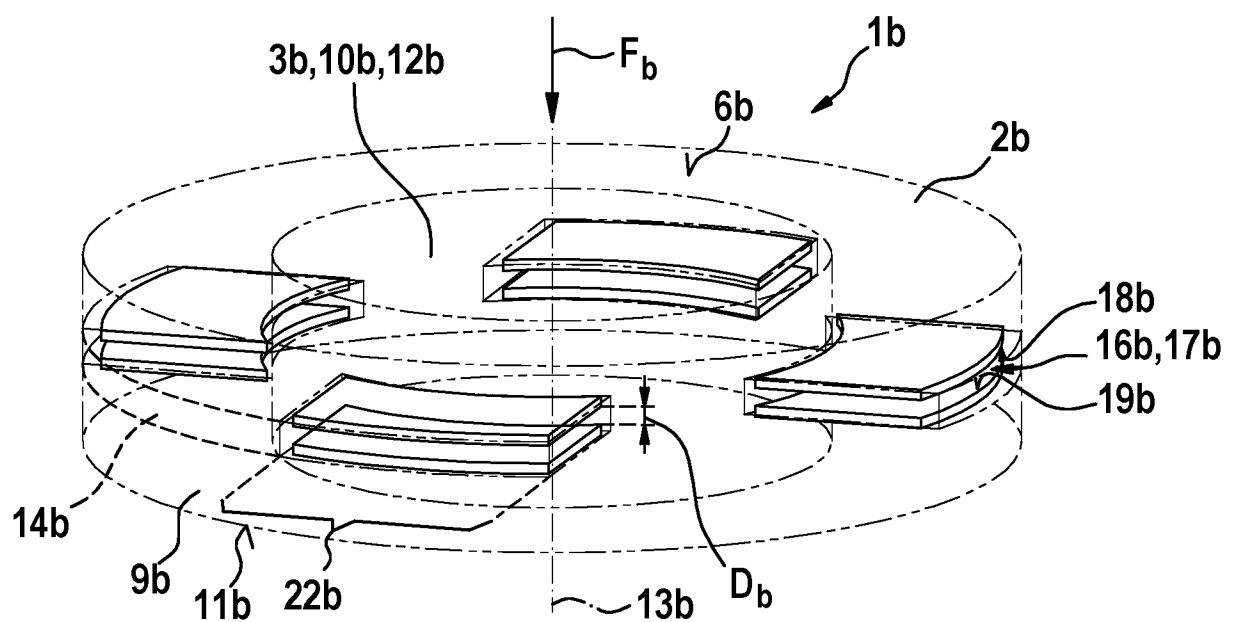


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/052532

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01L 5/24**(2006.01)i; **G01L 1/14**(2006.01)i; **F16B 31/02**(2006.01)i; **G01D 5/241**(2006.01)i

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)

G01L; F16B; G01D

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	DE 10138261 A1 (SIEMENS AG [DE]) 27 February 2003 (2003-02-27) abstract paragraph [0018] figure 2	1-15
A	DE 102016219953 A1 (UNIV STUTTGART [DE]) 19 April 2018 (2018-04-19) cited in the application figure 2	2-4

☐ 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

27 April 2020

Date of mailing of the international search report

12 May 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Grewe, Clemens F.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/052532

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	10138261	A1	27 February 2003	NONE	
DE	102016219953	A1	19 April 2018	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01L5/24 G01L1/14 F16B31/02 G01D5/241 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01L F16B G01D		
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	DE 101 38 261 A1 (SIEMENS AG [DE]) 27. Februar 2003 (2003-02-27) Zusammenfassung Absatz [0018] Abbildung 2	1-15
A	DE 10 2016 219953 A1 (UNIV STUTTGART [DE]) 19. April 2018 (2018-04-19) in der Anmeldung erwähnt Abbildung 2	2-4
☐ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
27. April 2020		12/05/2020
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/EP2020/052532

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10138261 A1	27-02-2003	KEINE	
DE 102016219953 A1	19-04-2018	KEINE	