(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
28. März 2019 (28.03.2019)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/057491 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B61L 23/04 (2006.01) *G01D 5/353* (2006.01)
B61L 1/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/073820

(22) Internationales Anmeldedatum:
05. September 2018 (05.09.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
17192644.7 22. September 2017 (22.09.2017) EP

(71) Anmelder: **THALES MANAGEMENT & SERVICES DEUTSCHLAND GMBH** [DE/DE]; Thalesplatz 1, 71254 Ditzingen (DE).

(72) Erfinder: **SCHICKER, Kai**; Am Wiesengrund 9, 08539 Rosenbach (DE). **OLDEWURTEL, Kassen**; Trollingerweg 13, 71706 Markgröningen (DE). **KLEMM, Rainer**; Von-Weber-Str. 27, 71711 Steinheim (DE). **MUSCHAWECKH, Florian**; Blumenstr. 58, 85774 Unterföhring (DE). **HOFFMANN, Lars**; Fallmeyerstr. 15, 80796 München (DE).

(74) Anwalt: **KOHLER SCHMID MÖBUS PATENTANWÄLTE PARTG MBB**; Gropiusplatz 10, 70563 Stuttgart (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, JO, JP, KE, KG, KH, KN,

(54) **Title:** STRAIN GAUGE ASSEMBLY, PARTICULARLY FOR AN AXLE COUNTER

(54) **Bezeichnung:** DEHNUNGSMESSANORDNUNG, INSBESONDERE FÜR EINEN ACHSZÄHLER

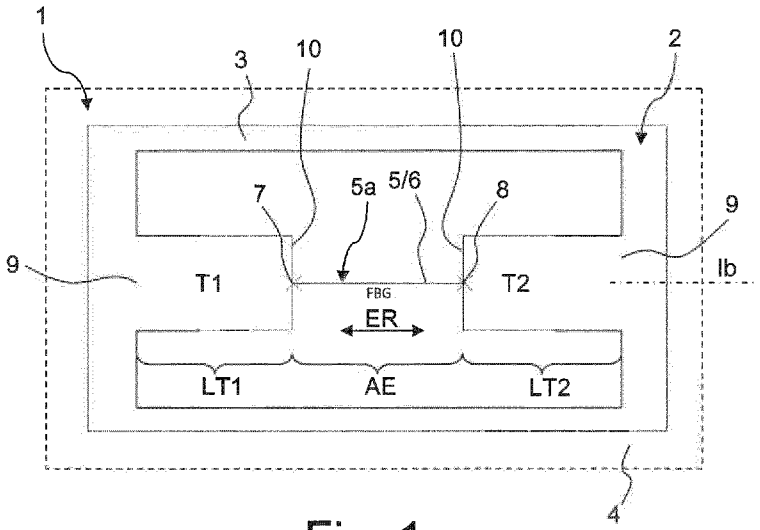


Fig. 1a

(57) **Abstract:** The invention relates to a strain gauge arrangement (1), in particular for an axle counter (91), comprising at least one strain sensor element (5), in particular an optical fibre (6) having a fiber Bragg-grating (6a, FBG), a carrier (2) on which the strain sensor element (5) is secured, and a structure (4) that is to be monitored, in particular a railway line, on which the carrier (2) is secured. At least one part of the carrier (2) is maintained in an elastically deformed state by the structure (4) when the carrier (2) is secured to the structure (4). The invention is characterized in that the carrier (2) is formed from a first carrier piece (T1) and a second carrier piece (T2), which lie opposite one another at a distance from one another, and in that the strain sensor element (5) comprises at least one first fixing point (7) which is fixed to the first carrier piece (T1), and at least one second fixing point (8) which is fixed to the second carrier piece (T2), and a middle section (5a) mounted between the fixing points (7, 8) which are not fixed to either the first or to the second carrier piece (T1, T2). The invention provides a strain gauge arrangement which is simple to handle and in which a drop can be reliably detected and a strain state of the strain sensor element can be predetermined more easily.

WO 2019/057491 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

(57) Zusammenfassung: Eine Dehnungsmessanordnung (1), insbesondere für einen Achszähler (91), umfassend - wenigstens ein Dehnungssensorelement (5), insbesondere eine optische Faser (6) mit einem Fiber-Bragg-Gitter (6a, FBG), - einen Träger (2), auf dem das Dehnungssensorelement (5) befestigt ist, und - eine zu überwachende Struktur (4), insbesondere eine Eisenbahnschiene, auf der der Träger (2) befestigt ist, wobei zumindest ein Teil des Trägers (2) im auf der Struktur (4) befestigten Zustand des Trägers (2) durch die Struktur (4) in einem elastisch verformten Zustand gehalten wird, ist dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (2) ausgebildet ist mit einem ersten Trägerstück (T1) und einen zweiten Trägerstück (T2), die voneinander beabstandet einander gegenüberliegen, und dass das Dehnungssensorelement (5) zumindest mit einem ersten Fixierpunkt (7) am ersten Trägerstück (T1), und zumindest mit einem zweiten Fixierpunkt (8) am zweiten Trägerstück (T2), und mit einem Mittelabschnitt (5a) zwischen den Fixierpunkten (7, 8) weder am ersten noch am zweiten Trägerstück (T1, T2) befestigt ist. Die Erfindung stellt eine einfach zu handhabende Dehnungsmessanordnung vor, bei der ein Abfallen zuverlässig erkennbar und ein Dehnungszustand des Dehnungssensorelements leichter vorgebbar ist.

Dehnungsmessanordnung, insbesondere für einen Achszähler

Die Erfindung betrifft eine Dehnungsmessanordnung, insbesondere für einen Achszähler, umfassend

- wenigstens ein Dehnungssensorelement, insbesondere eine optische Faser mit einem Fiber-Bragg-Gitter,
- einen Träger, auf dem das Dehnungssensorelement befestigt ist, und
- eine zu überwachende Struktur, insbesondere eine Eisenbahnschiene, auf der der Träger befestigt ist, wobei zumindest ein Teil des Trägers im auf der Struktur befestigten Zustand des Trägers durch die Struktur in einem elastisch verformten Zustand gehalten wird.

Eine solche Dehnungsmessanordnung für einen Achszähler ist insbesondere aus der EP 3 069 952 A1 bekannt geworden.

Um den Eisenbahnverkehr sicherer zu machen, werden Achszähler eingesetzt. Mit Achszählern kann insbesondere überprüft werden, ob der Ort des Achszählers von einem Zug vollständig passiert wurde, um beispielsweise zu ermitteln, ob zugehörige Gleisabschnitte vollständig frei geworden sind.

Ein mögliches Messprinzip von Achszählern beruht darauf, eine durch die von einer Achse übertragene Gewichtskraft eines Zuges verursachte elastische Verformung an einer Schiene mit einem Dehnungssensorelement zu messen.

Die EP 3 069 952 A1 schlägt dazu vor, als Dehnungssensorelement ein Faser-Bragg-Gitter (=FBG, auch Fiber Bragg Gitter) auf einer Schiene unter einer Vorspannung zu befestigen. Die Reflektionswellenlänge des Faser-Bragg-Gitters ist abhängig vom elastischen Dehnungszustand des FBGs, wodurch der Dehnungszustand vermessen werden kann. Durch die Vorspannung kann am Dehnungszustand des FBGs erkannt werden, ob das FBG noch korrekt an der Schiene befestigt oder von der Schiene abgefallen ist. In einer Variante wird vorgeschlagen, die Vorspannung thermisch aufzubringen, indem ein Träger unter Vorspannung an der Schiene angebracht wird.

Aus der DE 10 2005 010 344 A1 ist es zudem bekannt, die Dämpfungseigenschaften in einem Lichtwellenleiter über Biegungszustände zu beeinflussen.

Weiterhin sind beispielsweise auch Dehnungssensorelemente bekannt geworden, die auf einer Widerstands- oder Kapazitätsänderung aufgrund eines veränderlichen Dehnungszustands beruhen.

Das Befestigen von Dehnungssensorelementen unter Vorspannung direkt auf einer zu überwachenden Struktur, etwa einer Eisenbahnschiene, ist jedoch vergleichsweise schwierig. Durch Aufbringung der Vorspannung über einen Träger, auf dem der Dehnungssensor fixiert ist, kann eine gewisse Vereinfachung erzielt werden. Jedoch ist auch in diesem Falle die Einstellung eines bestimmten Dehnungszustands am Dehnungssensorelement (etwa zur Einstellung eines Arbeitspunkts) schwierig.

Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine einfach zu handhabende Dehnungsmessanordnung vorzustellen, bei der ein Abfallen zuverlässig erkennbar und ein Dehnungszustand des Dehnungssensorelements leichter vorgebbar ist.

Kurze Beschreibung der Erfindung

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Dehnungsmessanordnung der eingangs genannten Art, die dadurch gekennzeichnet ist,
dass der Träger ausgebildet ist mit einem ersten Trägerstück und einen zweiten Trägerstück, die voneinander beabstandet einander gegenüberliegen,
und dass das Dehnungssensorelement zumindest mit einem ersten Fixierpunkt am ersten Trägerstück, und zumindest mit einem zweiten Fixierpunkt am zweiten Trägerstück, und mit einem Mittelabschnitt zwischen den Fixierpunkten weder am ersten noch am zweiten Trägerstück befestigt ist.

Im Rahmen der Erfindung ist es vorgesehen, das Dehnungssensorelement nicht über seine gesamte Messlänge am Träger linienhaft zu befestigen, sondern das Dehnungssensorelement lediglich mit einem ersten Fixierpunkt an einem ersten Trägerstück, und mit einem zweiten Fixierpunkt an einem zweiten

Trägerstück. Im dazwischen liegenden Mittelabschnitt wird das Dehnungssensorelement frei gehalten.

Dadurch ist es grundsätzlich möglich, den Dehnungszustand des Dehnungssensorelements vom elastischen Verformungszustand des Trägers zumindest teilweise zu entkoppeln. Es wird insbesondere möglich, eine elastische Verformung des Trägers infolge einer Verformung der überwachten Struktur je nach Anwendungsfall abgeschwächt oder verstärkt oder erst ab bestimmten Schwellwerten auf das Dehnungssensorelement zu übertragen, oder bestimmte Arten von Verformung des Trägers verstärkt auf das Dehnungssensorelement zu übertragen. Dadurch kann das Dehnungssensorelement in einem optimalen Arbeitsbereich betrieben werden, und bestimmte Überwachungsfunktionen des Dehnungssensorelements, etwa die Erkennung eines Abfallens von der Struktur, können zuverlässiger gemacht werden. Gleichzeitig kann die Befestigung des Trägers an der Struktur mit einer einfach zu beherrschenden elastischen Verformung des Trägers erfolgen, ohne durch das Dehnungssensorelement zu sehr eingeschränkt zu sein.

Am Mittelabschnitt ist ein einfacher und direkter Zugriff auf das Dehnungssensorelement möglich, insbesondere ohne durch eine Vorformung eines darunter liegenden Trägers in der Verformung des Dehnungssensorelements festgelegt zu sein. Im Mittelabschnitt kann beispielsweise eine zusätzliche Straffung (etwa durch ein Mitnahmeelement), oder auch eine zusätzliche Entlastung (etwa durch Überlänge) des Dehnungssensorelements gegenüber dem Träger erfolgen.

Die Befestigung des Trägers auf der zu überwachenden Struktur, wobei zumindest ein Teil des Trägers durch die Struktur in einem elastisch verformten Zustand gehalten wird, ermöglicht auf einfache Weise eine Kontrolle, ob die Dehnungsmessanordnung noch korrekt an der Struktur sitzt oder von der Struktur abgefallen ist; letzteres führt zu einem Zurückfedern in einen elastisch

unverformten Zustand des Trägers bzw. zumindest des besagten Teils. Ein Abfallen von der Struktur kann beispielsweise bei einer Alterung oder temperaturbedingten Erweichung einer Befestigung vorkommen. Bevorzugt ist die Dehnungsmessanordnung so ausgebildet, dass die elastische Verformung bzw. Verspannung des Trägers über eine gemessene Dehnung des Dehnungssensorelements ermittelbar ist (d.h. die elastische Verformung des Trägers liegt im überwachten Bereich des Dehnungssensorelements). Alternativ ist es auch möglich, eine von dem Dehnungssensorelement bzw. dessen Dehnung separate Messeinrichtung bzw. Messung vorzusehen, mit der die Verformung des Trägers überprüft werden kann (etwa unter Verwendung eines weiteres Dehnungssensorelements).

Meist umfasst eine Dehnungsmessanordnung lediglich ein Dehnungssensorelement, alternativ auch zwei oder noch mehr Dehnungssensorelemente.

Ein Dehnungssensorelement ist im Rahmen der Erfindung mit einem ersten und zweiten Fixierpunkt an einem ersten und zweiten Trägerstück befestigt sind, und in einem Mittelabschnitt nicht an diesen Trägerstücken (und auch nicht an anderen Teilen des Trägers) befestigt. Der Träger umfasst neben dem ersten und zweiten Trägerstück meist noch ein oder mehrere weitere Teilstücke (etwa ein Grundelement oder eine Spange).

Das Dehnungssensorelement ist bevorzugt als eine optische Faser mit einem Fiber-Bragg-Gitter (=FBG) ausgebildet; das FBG befindet sich dabei zwischen den Fixierpunkten im Mittelabschnitt. Typischerweise ist das Dehnungs-sensorelement im auf der Struktur befestigtem Zustand des Trägers unter einer geringen elastischen Dehnung, so dass sowohl Stauchungen als auch Streckungen der zu überwachenden Struktur leicht erkannt werden können.

Eine erfindungsgemäße Dehnungsmessanordnung kann insbesondere in einem Achszähler verwendet werden; ein solcher Achszähler umfasst wenigstens eine erfindungsgemäße Dehnungsmessanordnung. Es können aber auch andere Anwendungen für die Dehnungsmessanordnung vorgesehen sein, etwa zur Überwachung von mechanischer Belastung oder Verschleiß von Maschinenbauteilen. Ein Dehnungssensorelement kann unter schrägem Winkel, etwa einem Winkel von ca. 45°, zu einer neutralen Faser einer zu überwachenden Struktur angeordnet werden. Die Befestigung des Trägers auf der zu überwachenden Struktur kann beispielsweise durch Verschrauben, Verlöten oder Verkleben erfolgen. Die Befestigung des Dehnungssensorelements an den Trägerstücken kann beispielsweise durch Verklemmen, Verlöten oder Verkleben erfolgen.

Zusammenfassend ist es mit der Erfindung besonders einfach möglich, zum einen das Dehnungssensorelement (im auf der Struktur befestigten Zustand des Trägers) auf einer gewünschten Vorspannung zu halten, und zum anderen mittels zumindest des Teils des Trägers zu überwachen, ob der Träger noch an der zu überwachenden Struktur (ausreichend) befestigt ist.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung ist vorgesehen,
dass der Teil des Trägers, der im auf der Struktur befestigten Zustand des Trägers durch die Struktur in einem elastisch verformten Zustand gehalten wird, ein Blattfederelement umfasst,
und dass an dem Blattfederelement ausgebildet ist
- ein Stützelement zum Abstützen an der Struktur im auf der Struktur befestigten Zustand des Trägers, und
- ein Mitnahmeelement zum Hintergreifen des Dehnungssensorelements im Mittelabschnitt. Durch das an der Struktur anliegende Stützelement wird dem

Blattfederelement eine elastische Verformung aufgeprägt. Das Mitnahmeelement bewegt sich typischerweise im Wesentlichen senkrecht zur Erstreckungsrichtung (Messrichtung) des Dehnungssensorelements und typischerweise im Wesentlichen senkrecht zur Oberfläche der Struktur, an der der Träger befestigt ist. Mit dem Mitnahmeelement kann abhängig von der Verformung des Blattfederelements dem Dehnungssensorelement eine elastische Dehnung oder auch eine Biegung aufgeprägt werden. Diese Dehnung oder Biegung kann durch das Dehnungssensorelement gemessen werden (etwa über die Dehnung als solche, oder auch über eine veränderte, meist erhöhte Dämpfung), und so die Ablösung des Trägers von der Struktur leicht erkannt werden. Diese Bauform erkennt eine Ablösung des Dehnungssensorelements von der zu überwachenden Struktur besonders zuverlässig. Zum Erkennen des Sensorabfalls ist lediglich eine elastische Verformung des Blattfederelements notwendig; insbesondere braucht kein Befestigen (etwa Verkleben) von elastisch gegeneinander verspannten Trägerflächen auf der Struktur erfolgen, was die Installation besonders einfach macht.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung dieser Ausführungsform sind das Blattfederelement und das Mitnahmeelement so ausgebildet, dass durch diese im elastisch verformten Zustand des Blattfederelements bei auf der Struktur befestigtem Träger auf das Dehnungssensorelement keine oder nur eine geringe Dehnung aufgeprägt wird, und in einem elastisch entspannten Zustand des Blattfederelements nach einer Ablösung des Trägers von der Struktur auf das Dehnungssensorelement eine größere Dehnung aufgeprägt wird. Das Blattfederelement (zusammen mit dem Mitnahmeelement) strafft und/oder verbiegt in ihrem elastisch entspannten Zustand das Dehnungssensorelement, was in der Regel leicht zu detektieren ist; umgekehrt sind das Blattfederelement und das Mitnahmeelement (sowie das Stützelement) so ausgebildet, dass im elastisch verspannten Zustand das Dehnungssensorelement vom Mitnahmeelement nicht oder nur wenig gestrafft wird. Es ist alternativ auch

möglich, das Dehnungssensorelement im elastisch entspannten Zustand des Blattfederelements zu entspannen.

Vorteilhaft ist auch eine Ausführungsform, bei der der Teil des Trägers, der im auf der Struktur befestigten Zustand des Trägers durch die Struktur in einem elastisch verformten Zustand gehalten wird, das erste Trägerstück und das zweite Trägerstück umfasst, wobei das erste Trägerstück und das zweite Trägerstück zumindest mit einer Richtungskomponente entlang einer Erstreckungsrichtung des Dehnungssensorelements zueinander elastisch verspannt sind. Diese Bauform ist besonders einfach. Die elastische Verformung des Trägers wirkt mit ihrer Richtungskomponente unmittelbar auf den Dehnungszustand des Dehnungssensorelements ein.

Bevorzugt ist eine Weiterbildung dieser Ausführungsform, bei der das erste und zweite Trägerstück durch eine Spange miteinander verbunden sind, insbesondere wobei die Spange vom Dehnungssensorelement um einem Abstand AS beabstandet ist, bevorzugt wobei für den Abstand AS und einen Abstand AE von erstem und zweitem Fixierpunkt gilt: AS≥1*AE, besonders bevorzugt AS≥3*AE. Die Spange (manchmal auch als Steg bezeichnet) wirkt als ein Festgelenk; um dieses können die Trägerstücke elastisch gegeneinander verdreht (tordiert) werden. Durch geeignete Abstände (und geeignete elastische Auslenkung) kann die Kraft auf das Dehnungssensorelement eingestellt werden; mit AS≥3*AE ist dies besonders genau möglich. Falls gewünscht, können eine oder mehrere Federn zwischen den Trägerstücken angeordnet werden, um das elastische Verhalten des Trägers zu verändern. Alternativ oder zusätzlich kann eine Verbindung der Trägerstücke über ein Grundelement vorgesehen sein.

Bevorzugt ist eine Weiterbildung, bei der der Träger ein Verspannlager ausbildet, an oder in welchem ein Verspannelement anordenbar ist, das am ersten und zweiten Trägerstück angreift,

insbesondere wobei Verspannlager und Verspannelement nach Art eines Exzenters zusammenwirken. Mit dem Verspannlager und dem Verspannelement kann auf den Träger bzw. zumindest dessen Teil eine elastische Verformung zeitweilig aufgeprägt werden, insbesondere während der Träger auf der Struktur befestigt (etwa verklebt) wird. Mit einem Exzenter ist die Kraftaufbringung besonders einfach, insbesondere auch manuell, möglich.

Vorteilhafter Weise ist ein an oder im Verspannlager angeordnetes Verspannelement von dem Träger abgebrochen worden, insbesondere aus dem Innenbereich des Verspannlagers. Das Verspannelement kann zunächst als Teil des Trägers gefertigt werden, und ist dann bei der Installation zusammen mit dem Träger direkt zur Hand. Für den Einsatz im Verspannlager kann das Verspannelement (etwa ein Exzenter) vom Träger abgebrochen (etwa aus dem Verspannlager heraus gebrochen) werden, und für ein Verspannen ins Verspannlager eingesetzt werden (soweit erforderlich) und aktiviert werden, insbesondere verdreht werden. Alternativ kann das Verspannelement auch durch Abbrechen eine zuvor vorhandene Spannwirkung verlieren.

Vorteilhaft ist es auch, wenn an oder im Verspannlager kein Verspannelement mehr angeordnet ist. Im Normalbetrieb (also bei der Dehnungsmessung an der Struktur) übt dann das Verspannelement keine Kraft mehr auf den Träger aus, so dass der elastische Zustand sodann nur noch von der Befestigung an der Struktur abhängt, wodurch ein Abfallen der Dehnungsmessanordnung gut erkannt werden kann.

Bevorzugt ist auch eine Ausführungsform, die vorsieht,
dass der Träger ein Grundelement aufweist, mit dem der Träger an der zu überwachenden Struktur befestigt ist,
und dass das erste Trägerstück und das zweite Trägerstück auf oder an dem Grundelement befestigt sind. Über das Grundelement kann eine gezielte und vereinfachte Befestigung an der Struktur erfolgen, insbesondere auch flächig.

Die Trägerstücke sind in der Regel lediglich über das Grundelement auf der Struktur befestigt. Eine typische Grundstruktur ist als ein geschlossener Ring („Rahmen“) ausgebildet, und die Trägerstücken ragen nach innen in den Ring ein; die elastische Verformung kann dann insbesondere in Ringabschnitten, die entlang der Erstreckungsrichtung des Dehnungssensorelements verlaufen, aufgeprägt sein. Eine andere typische Grundstruktur ist mit einer geschlossenen Fläche ausgebildet, auf der die Trägerstücke aufsitzen.

Eine bevorzugte Weiterbildung dieser Ausführungsform sieht vor, dass das erste und zweite Trägerstück jeweils lediglich in einem hinteren Bereich, der dem Dehnungssensorelement abgewandt ist, am Grundelement befestigt sind, und dass das erste und zweite Trägerstück jeweils in einem vorderen Bereich, der dem hinteren Bereich abgewandt ist, am Dehnungssensorelement befestigt sind. Die Trägerstücke sind lediglich über das Grundelement auf der Struktur befestigt, wobei die Befestigung am hinteren Bereich des jeweiligen Trägerstücks erfolgt. Die Trägerstücke zeigen (zwischen vorderem und hinterem Bereich) typischerweise keine merkliche elastische Verformung. Durch den Abstand von vorderem Bereich und hinterem Bereich wird die elastische Dehnung des Grundkörpers bzw. der Struktur verstärkt auf das Dehnungssensorelement übertragen. Typischerweise ist die gesamte Länge GL der Trägerstücke zwischen vorderem und hinterem Bereich wenigstens dreimal so groß wie die Länge AE des Dehnungssensorelements zwischen den Fixierpunkten.

Bevorzugt ist eine Weiterbildung, bei der der Teil des Trägers, der im auf der Struktur befestigten Zustand des Trägers durch die Struktur in einem elastisch verformten Zustand gehalten wird, das Grundelement umfasst, insbesondere wobei im elastisch verformten Zustand das Grundelement im Wesentlichen eben ist. Das Grundelement kann auf einfache Weise mit einer geeigneten, elastisch entspannten ersten Form und einer gewünschten elastisch verformten zweiten Form ausgebildet werden; die Trägerstücke und das

Dehnungssensorelement können dann im Wesentlichen frei auf dem Grundelement angeordnet werden, insbesondere auch unter Aufprägung einer gewünschten Vorspannung des Dehnungssensorelements im elastisch verformten Zustand des Grundkörpers. Die elastische Verspannung des Grundelements kann (ggf. auch nur zum Teil) genutzt werden, um am Dehnungssensorelement eine Verspannung (Vorspannung), etwa zur Einrichtung des Arbeitspunkts, zu erreichen. Das Grundelement wird typischerweise flächig an der zu überwachenden Struktur befestigt (beispielsweise geklebt), was besonders einfach eben erfolgt, etwa seitlich an einer Eisenbahnschiene (Schienensteg). Entsprechend ist in einem elastisch entspannten Zustand, nach Ablösung des Trägers von der Struktur, das Grundelement typischerweise gewölbt, insbesondere in einer Ebene, die die Erstreckungsrichtung des Dehnungssensorelements enthält. Durch die Wölbung kann die elastische Dehnung des Dehnungssensorelements gegenüber dem ebenen Zustand verändert werden.

Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform, die vorsieht, dass der Träger wenigstens ein Anlegeelement umfasst, wobei das Anlegeelement im elastisch verformten Zustand zumindest des Teils des Trägers das Dehnungssensorelement oder eine Zuleitung des Dehnungssensorelements unbeeinträchtigt lässt, und das Anlegeelement so ausgebildet ist, dass das Anlegeelement in einem elastisch entspannten Zustand zumindest des Teils des Trägers nach einer Ablösung des Trägers von der Struktur das Dehnungssensorelement oder eine Zuleitung des Dehnungssensorelements so beeinträchtigt, insbesondere abknickt und/oder zerteilt, dass das Dehnungssensorelement seinen Arbeitsbereich verlässt oder vollständig versagt. Das Anlegeelement ist im elastisch verformten Zustand (Sollzustand des Dehnungssensorelements) typischerweise vom Dehnungssensorelement (oder dessen Zuleitung, etwa einem Abschnitt einer optischen Faser) beabstandet, und im elastisch entspannten Zustand (nach Abfallen des Dehnungssensors) kommt das Anlegeelement in Kontakt mit dem

Dehnungssensorelement (oder dessen Zuleitung). Das Dehnungssensorelement (oder dessen Zuleitung) wird durch das Anlegeelement typischerweise geknickt, gequetscht oder gar zerteilt (etwa zerschnitten), was durch eine Messung leicht zu detektieren ist, wodurch das Abfallen der Dehnungsmessanordnung erkannt werden kann. In dieser Ausführungsform braucht das Dehnungssensorelement keine Dehnungsanteile aus der elastischen Verformung zumindest des Teils des Trägers zu übernehmen, was exaktere Vermessungen der Dehnung der zu überwachenden Struktur ermöglicht. Man beachte, dass typischerweise bei Beeinflussung des Dehnungssensorelements bzw. FBGs die Reflektionswellenlängenänderung betrachtet wird und bei Beeinflussung außerhalb des Dehnungssensorelements bzw. FBGs (Wirkung auf Zuleitung) die Dämpfung des reflektierten Lichtes zunimmt, sprich die Dämpfung relevant ist.

Vorteilhaft ist auch eine Ausführungsform, die vorsieht,
dass das Dehnungssensorelement eine optische Faser mit einem Fiber-Bragg-Gitter umfasst,
dass weiterhin eine weiteres Dehnungssensorelement vorhanden ist, wobei das weitere Dehnungssensorelement ebenfalls diese optische Faser und ein weiteres Fiber-Bragg-Gitter umfasst,
dass das weitere Dehnungssensorelement ebenfalls auf dem Träger befestigt ist, und
dass im elastisch verformten Zustand zumindest des Teils des Trägers mit auf der Struktur befestigtem Träger das Fiber-Bragg-Gitter einen ersten Dehnungszustand einnimmt, in welchem es in einem Arbeitsbereich des weiteren Fiber-Bragg-Gitters des weiteren Dehnungssensorelements transparent ist, und in einem elastisch entspannten Zustand zumindest des Teils des Trägers nach Ablösung des Trägers von der Struktur das Fiber-Bragg-Gitter einen zweiten Dehnungszustand einnimmt, in welchem der Arbeitsbereich des weiteren Fiber-Bragg-Gitters des weiteren

Dehnungssensorelements intransparent ist,
oder dass ein Reflektionswellenlängenintervall des Fiber-Bragg-Gitters und ein weiteres Reflektionswellenlängenintervall des weiteren Fiber-Bragg-Gitters zwischen dem elastisch verformten Zustand zumindest des Teils des Trägers mit auf der Struktur befestigtem Träger und einem elastisch entspannten Zustand zumindest des Teils des Trägers nach Ablösung des Trägers von der Struktur nicht überlappen. Das Dehnungssensorelement und das weitere Dehnungssensorelement können so eingerichtet werden, dass das Dehnungssensorelement allein für die Detektion eines Abfallens, und das weitere Dehnungssensorelement für die eigentliche Detektion der Dehnung der zu überwachenden Struktur eingesetzt wird. Dadurch kann Aufbau, Montage und/oder Justage der Dehnungsmessanordnung vereinfacht werden, und die Dehnungsmessung der Struktur genauer werden. Das weitere Dehnungssensorelement braucht keine Dehnungsanteile aus der elastischen Verformung zumindest des Teils des Trägers zu übernehmen. Die erste Bauform (mit im entspanntem Zustand „intransparentem“ Fiber-Bragg-Gitter) ist vergleichsweise einfach einzurichten, etwa über eine starke Biegung des Fiber-Bragg-Gitters bzw. der optischen Faser. Die zweite Bauform (mit voneinander „getrennter“ Reflektionswellenlänge und weiterer Reflektionswellenlänge) erlaubt in der Regel noch genauere Dehnungsmessungen. Man beachte, dass lediglich im überwachten Bereich des Dehnungssensorelements, nicht aber im überwachten Bereich des weiteren Dehnungssensorelements, eine elastische Vorspannung des Trägers bzw. zumindest eines Teils des Trägers gegenüber der Struktur nötig ist (und bevorzugt auch nur im überwachten Bereich des Dehnungssensorelements eingerichtet ist). Das weitere Dehnungssensorelement kann ebenfalls an voneinander beabstandeten, einander gegenüberliegenden Trägerstücken auf dem Träger mittels Fixierpunkten befestigt sein.

In den Rahmen der vorliegenden Erfindung fällt auch ein Verfahren zur Montage einer erfindungsgemäßen, oben beschriebenen

Dehnungsmessanordnung, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
a) Mittels eines Verspannelements wird zumindest der Teil des Trägers elastisch verspannt;
b) Zumindest der Teil des Trägers wird mittels des Verspannelements im elastisch verspannten Zustand gehalten und der Träger auf der zu überwachenden Struktur befestigt, insbesondere aufgeklebt;
c) das Verspannelement wird entfernt. Dieses Verfahren ist besonders einfach und kann insbesondere auch in unwirtlicher Umgebung (etwa an Schienen von Bahnstrecken in der freien Natur) gut eingesetzt werden. Die Befestigung gemäß Schritt b) ist erst abgeschlossen, wenn die Befestigung eine gewünschte Festigkeit erreicht hat (etwa nach einem Aushärten eines Klebstoffs). Erst nach Schritt c) wird die Dehnungsmessanordnung betrieben, also die Dehnung der zu überwachenden Struktur überwacht. Im Betrieb wird zudem auch überwacht, ob die Verformung des Trägers noch besteht, oder infolge einer Ablösung von der Struktur verloren gegangen ist.

Eine vorteilhafte Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das Verspannelement vor Schritt a) fest mit dem Träger verbunden ist, und dass für Schritt a) das Verspannelement vom Träger abgebrochen wird. Das am Träger ausgebildete oder befestigte Verspannelement ist für die Montage stets zur Hand, und kann für den Verspannvorgang einfach abgebrochen und sofort eingesetzt werden. Das Verspannelement kann insbesondere als Exzenter ausgebildet sein.

Ebenso vorteilhaft ist eine Variante, die vorsieht, dass das Verspannelement in Schritt a) und b) fest mit dem Träger verbunden ist, und dass für Schritt c) das Verspannelement vom Träger abgebrochen wird. Auch hier ist das Verspannelement, das am Träger zunächst befestigt oder ausgebildet ist, stets zur Hand. Das Verspannelement setzt bzw. hält vor dem Abbrechen den übrigen Träger unter Vorspannung, die für die Installation genutzt wird. Nach Abschluss der Befestigung des Trägers an der Struktur wird das

Verspannelement abgebrochen, so dass die Vorspannung nur noch über die Befestigung (etwa Klebung oder Verschraubung) an der Struktur gehalten wird, so dass bei einem Abfallen von der Struktur die Vorspannung bzw. zugehörige elastische Verformung verloren geht.

Vorteilhaft ist eine Weiterentwicklung dieser Varianten, wobei nach Montage einer oder mehrerer Dehnungsmessanordnungen die abgebrochenen und in Schritt c) entfernten Verspannelemente auf Vollständigkeit überprüft werden. Dadurch kann eine einfache Anscheinskontrolle erfolgen, ob die Dehnungsmessanordnungen korrekt montiert wurden.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter ausgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung und Zeichnung

Die Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a eine schematische Aufsicht auf eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung, mit rahmenförmigem Grundelement;

Fig. 1b eine schematische Querschnittsansicht der Dehnungsmessanordnung von Fig. 1a;

Fig. 2a eine schematische Aufsicht auf eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung, mit Blattfederelement, Stützelement und Mitnahmeelement;

Fig. 2b eine schematische Seitenansicht der Dehnungsmessanordnung von Fig. 2a, mit auf der Struktur befestigtem Träger;

Fig. 2c eine schematische Seitenansicht der Dehnungsmessanordnung von Fig. 2a, mit von der Struktur abgelöstem Träger;

Fig. 3 eine schematische Aufsicht auf eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung, mit Spange;

Fig. 4a eine schematische Aufsicht auf eine vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung, mit noch nicht ausgebrochenem Exzenter;

Fig. 4b die Dehnungsmessanordnung von Fig. 4a, mit aufspreizendem Exzenter;

Fig. 4c die Dehnungsmessanordnung von Fig. 4b, nach Befestigung auf der Struktur und mit entferntem Exzenter;

Fig. 5a eine schematische Seitenansicht auf eine fünfte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung, mit einem Grundelement im elastisch entspannten, gewölbten Zustand;

Fig. 5b die Dehnungsmessanordnung von Fig. 5a, im elastisch verformten, ebenen Zustand des Grundelements;

Fig. 6a eine schematische Ausführungsform einer sechsten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung, mit Anlegeelementen in Anlage an das Dehnungssensorelement;

Fig. 6b die Dehnungsmessanordnung von Fig. 6b, mit den Anlageelementen entfernt angeordnet vom Dehnungssensorelement;

Fig. 7 eine schematische Ausführungsform einer siebten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung, mit Fiber-Bragg-Gitter des Dehnungssensorelements und weiterem Fiber-Bragg-Gitter in einem weiteren Dehnungssensorelement;

Fig. 8a eine schematische Ausführungsform einer achten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung, mit Spange und fest verbundenem bügelförmigem Verspannelement, beim Befestigen auf einer Struktur;

Fig. 8b die Dehnungsmessanordnung von Fig. 8a, nach der Befestigung auf der Struktur, mit abgebrochenem Verspannelement;

Fig. 8c die Dehnungsmessanordnung von Fig. 8b, nach einem Abfallen von der Struktur;

Fig. 9 eine schematische Ansicht eines Achszählers, umfassend zwei erfindungsgemäße Dehnungsmessanordnungen.

Die **Fig. 1a** zeigt eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung 1 in einer Aufsicht, und **Fig. 1b** eine zugehörige Querschnittsansicht, vgl. Ebene Ib in Fig. 1a.

Die Dehnungsmessanordnung 1 umfasst einen Träger 2, der hier ein ringförmig geschlossenes, im Wesentlichen rechteckiges Grundelement 3 sowie ein erstes Trägerteil T1 und ein zweites Trägerteil T2 umfasst. Die Trägerteile T1, T2 stehen nach innen vom Grundelement 3 ab, welches einen äußeren Rahmen des Trägers 2 ausbildet.

Der Träger 2 ist mit dem rahmenförmigen Grundelement 3 in nicht näher dargestellter Weise auf einer zu überwachenden Struktur 4 befestigt, beispielsweise mit der gesamten Unterseite des Grundelements 3 auf der Struktur 4 aufgeklebt; die Unterseiten der Trägerstücke T1, T2 sind jedoch nicht auf der Struktur 4 aufgeklebt, sondern liegen nur auf der Struktur 4 auf. Die zu überwachende Struktur 4 kann beispielsweise eine Eisenbahnschiene einer Zugfahrstrecke sein.

Auf den Trägerstücken T1 und T2 ist ein Dehnungssensorelement 5 an Fixierpunkten 7, 8 befestigt. Die Fixierpunkte 7, 8 liegen jeweils am inneren Ende der Teilstücke T1, T2. Der zwischen den Fixierpunkten 7, 8 liegende Mittelabschnitt 5a des Dehnungssensorelements 5 ist hier zwischen den Teilstücken T1, T2 frei gespannt.

In der gezeigten Ausführungsform ist das Dehnungssensorelement 5 als eine optische Faser 6 mit einem Fiber-Bragg-Gitter (auch Faser Bragg Gitter, FBG) 6a im Mittelabschnitt 5a ausgebildet. Man beachte, dass in Fig. 1a zur

Vereinfachung die Faser 6 nur im Bereich des Mittelabschnitts 5a dargestellt ist; Fig. 1b zeigt auch Zuleitungen 6b der Faser 6. Alternativ können auch andere Dehnungssensorelement-Typen, etwa elektrische Widerstandsmessstreifen, eingesetzt werden.

In einem Grundzustand für die Verwendung des Dehnungssensorelements 5 zur Überwachung der Dehnung der Struktur 4 ist das Dehnungssensorelement 5 typischerweise im Mittelabschnitt 5a in Erstreckungsrichtung ER der Faser 6 geringfügig elastisch gedehnt, um den Arbeitspunkt des FBGs einzustellen. Die elastische Dehnung des Dehnungssensorelements 5 kann dabei bei der bzw. durch die Befestigung des Dehnungssensorelements 5 an den Fixierpunkten 7, 8 (im Grundzustand) praktisch beliebig vorgegeben werden.

Verformt sich die Struktur 4, so wird auch das Grundelement 3, das auf der Struktur 4 befestigt ist, mit verformt. Diese Verformung des Grundelements 3 wird über die Trägerstücke T1, T2 auf das Dehnungssensorelement 5 übertragen, wodurch diese Verformung messbar wird.

Eine gesamte Länge GL der Teilstücke T1, T2 jeweils vom hinteren Bereich 9 bis zum vorderen Bereich 10, wo der jeweilige Fixierpunkt 7, 8 angeordnet ist, mit GL=LT1+LT2, ist hier deutlich größer als der Abstand AE der Fixierpunkte 7, 8. In der gezeigten Ausführungsform gilt näherungsweise GL=2*AE; im allgemeinen ist GL≥2*AE oder auch GL≥3*AE bevorzugt. Durch die parallel zur Erstreckungsrichtung ER des Dehnungssensorelements 5 hervorstehenden Teilstücke T1, T2, die die bei Verformung der Struktur 4 entlang der Erstreckungsrichtung ER sich zwar bewegen, aber selbst kaum verformt werden, kann die Verformung der Struktur 4 bzw. des Rahmens in Erstreckungsrichtung ER verstärkt auf das Dehnungssensorelement 5 übertragen werden, entsprechend dem Verhältnis AE/(LT1+AE+LT2).

Im bereits erwähnten Grundzustand ist das rahmenförmige Grundelement 3 in einem elastisch verformten Zustand, in welchem es durch die darunter liegende Struktur 4, auf der das Grundelement 3 befestigt ist, gehalten wird. Vorliegend ist das Grundelement 3 bezüglich der Erstreckungsrichtung ER geringfügig elastisch gestreckt. Falls das Grundelement 3 bzw. der Träger 2 von der Struktur 4 abfallen sollte, würde die elastische Verformung des Grundelements 3 zurückfedern, hier also sich das Grundelement 3 in Erstreckungsrichtung ER zusammenziehen. Dadurch würde auch der elastische Dehnungszustand des Dehnungssensorelements 5 verändert, wodurch das Abfallen von der Struktur 4 aufgedeckt werden kann.

In den weiter beschriebenen Ausführungsformen von Dehnungsmessanordnungen werden vor allem die Unterschiede zur Ausführungsform von Fig. 1a, 1b erläutert.

Eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung 1 ist in Aufsicht in **Fig. 2a** sowie in Seitenansicht in **Fig. 2b** im befestigten Zustand auf der Struktur 4 und in **Fig. 2c** im abgelösten Zustand dargestellt.

Die Dehnungsmessanordnung 1 verfügt über einen Träger 2, der neben den Teilstücken T1, T2 weiterhin ein Blattfederelement 21 umfasst. In der gezeigten Ausführungsform verbindet das Blattfederelement 21 die beiden Trägerstücke T1, T2 miteinander, wobei das Blattfederelement 21 mit seinen Enden 22, 23 jeweils an den Teilstücken T1, T2 befestigt ist; die Endbereiche des Blattfederelements 21 übergreifen jeweils die Teilstücke T1, T2.

Am Blattfederelement 21 ist ein Stützelement 24 ausgebildet, welches hier das Dehnungssensorelement 5 übergreift und sich mit einem Stützfortsatz 24a auf der zu überwachenden Struktur 4 als Anschlagpartner abstützt. Im auf der Struktur 4 befestigten Zustand (vgl. Fig. 2b) des Trägers 2 drückt dabei das

Stützelement 24 das Blattfederelement 21 nach oben von der Struktur 4 weg, wodurch das Blattfederelement 21 elastisch verformt, nämlich hier gedehnt wird.

Am Blattfederelement 21 ist zudem ein Mitnahmeelement 25 ausgebildet, das hier ebenfalls das Dehnungssensorelement 5 übergreift und hier einen in Richtung auf das Dehnungssensorelement 5 zu nach unten ragenden Mitnahmefortsatz 25a aufweist. Der Mitnahmefortsatz 25a hintergreift das Dehnungssensorelement 5 also von oben. Im durch die Abstützung auf der Struktur 4 elastisch verformten Zustand des Blattfederelements 21 (vgl. Fig. 2b) ist in der gezeigten Ausführungsform das Mitnahmeelement 25 (bzw. dessen Mitnahmefortsatz 25a) so weit angehoben, dass dieses das Dehnungssensorelement 5 nicht berührt. Entsprechend hat das Dehnungssensorelement 5 seinen für den normalen Messbetrieb (zur Dehnungsüberwachung der Struktur 4) vorgesehenen, normalen Dehnungszustand.

Falls die Dehnungsmessanordnung 1 von der Struktur 4 abfallen sollte, so federt das Blattfederelement 21 in einen elastisch unverformten Zustand zurück, der in Fig. 2c gezeigt ist, da das Stützelement 24 vorderenends keinen Anschlagpartner mehr hat. In diesem Zustand drückt der Mitnahmefortsatz 25a des Mitnahmeelements 25 auf das Dehnungssensorelement 5 und prägt diesem eine starke elastische Dehnung auf. Diese starke elastische Dehnung ist gut zu vermessen, wodurch das Abfallen der Dehnungsmessanordnung 1 von der Struktur 4 leicht erkannt werden kann.

Bei der Ausführungsform von Fig. 2a-2c können die Trägerteile T1, T2 bzw. der Träger 2 ohne nennenswerte Scherspannung auf der zu überwachenden Struktur 4 befestigt werden, was die Montage vereinfacht.

Die **Fig. 3** zeigt eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung 1 in schematischer Aufsicht.

Der Träger 2 umfasst hier die Teilstücke T1, T2, an denen an den Fixierpunkten 7, 8 das Dehnungssensorelement 5 befestigt ist, und eine Spange 31, die einenends (in Fig. 3 unterenends) die Teilstücke T1, T2 miteinander verbindet. Die Erstreckungsrichtung ER des Dehnungssensorelements ER verlauft parallel zur Spange 31 bzw. deren Verbindungsrichtung.

Der Träger 2 wird in einem elastisch verformten Zustand, nämlich mit einer gewissen gegenseitigen Torsion der Teilstücke T1, T2 näherungsweise um einen Gelenkbereich 32 in der Mitte der Spange 31 auf der Struktur 4 befestigt. Die Torsion wirkt im Bereich des Dehnungssensorelements 5 näherungsweise parallel zur Erstreckungsrichtung ER des Dehnungssensorelements 5.
Bei einem Abfallen von der Struktur 4 federt diese Torsion zurück, wodurch sich der Dehungszustand am Dehnungssensorelement 5 ändert. An der Torsion beteiligt sind sowohl die Teilstücke T1, T2, als auch die Spange 31.

Bevorzugt ist der Abstand AS zwischen Spange 31 (bzw. deren oberen Teil) und dem Dehnungssensorelement 5 deutlich größer als der Abstand AE der Fixierpunkte 7, 8, um die Kräfte im Bereich des Dehnungssensorelements 5 gut kontrollieren zu können. In der gezeigten Ausführungsform gilt ca. AS=3*AE; allgemein wird bevorzugt AS≥2*AE oder AS≥3*AE gewählt.

Falls gewünscht, kann die Spange 31 im Gelenkbereich 32 geschwächt werden, etwa mit einer Einkerbung 33. Dadurch können beispielsweise bei gleicher Kraft größere Torsionen bewirkt werden, wodurch die Erkennung eines Abfallens von der Struktur erleichtert wird. Ebenso ist es möglich, zwischen den Teilstücken T1, T2 eine Feder 34 oder auch mehrere Federn 34 (je nach

Bedarf Zug- oder Druckfedern) anzuordnen, um das elastische Verhalten der Teilstücke T1, T2 zueinander einzustellen.

Man beachte, dass auch in dieser Ausführungsform das Dehnungssensorelement 5 im Mittelabschnitt 5a frei gespannt werden kann, und ein elastischer Dehnungszustand des Dehnungssensorelements 5 im Grundzustand grundsätzlich frei bestimmt werden kann.

Die **Fig. 4a** zeigt eine vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung 1. Der Träger 2 umfasst hier die Trägerstücke T1, T2, an denen das Dehnungssensorelement 5 mit den Fixierpunkten 7, 8 befestigt ist, sowie eine Spange 31, welche die Trägerstücke T1, T2 miteinander verbindet. Vor einer Montage der Dehnungsmessanordnung 1 ist hier zwischen den Trägerstücken T1, T2 ein Verspannelement 41, das als ein Exzenter ausgebildet ist, gehalten. Das Verspannelement 41 ist typischerweise aus einem Stück mit dem übrigen Träger 2 gefertigt (etwa durch Laserschneiden aus einem Blech), und wird an zwei Sollbruchstellen 42 am übrigen Träger 2, hier zwischen den Trägerstücken T1, T2, gehalten. In der in Fig. 4a gezeigten Situation ist der Träger 2 in einem elastisch entspannten Zustand, und noch nicht an einer Struktur befestigt. Das Verspannelement 41 ist mit seiner langen Seite parallel zu den Trägerstücken T1, T2 bzw. senkrecht zur Erstreckungsrichtung ER des Dehnungssensorelements 5 ausgerichtet. Das Dehnungssensorelement 5 hängt schlaff zwischen den Trägerstücken T1, T2; dieser Zustand ist durch eine Dehnungsmessung leicht festzustellen.

Für die Montage auf einer zu überwachenden Struktur 4 wird das Verspannelement 41 von den Sollbruchstellen 42 abgebrochen, etwa durch Drehen 43 des Verspannelements 41 wie in Fig. 4a gezeigt.

Durch eine halbe Drehung des Verspannelements 41 bzw. Exzenters spreizt dieser die Teilstücke T1, T2 auf (bzw. bringt eine Torsion bezüglich der

Trägerstücke T1, T2 auf), wodurch der Träger 2 einen elastisch verformten Zustand einnimmt, vgl. **Fig. 4b**. Zwischen den Innenseiten der Trägerstücke T1, T2 ist somit ein Verspannlager 44 für das Verspannelement 41 eingerichtet; typischerweise ist für das Verspannelement 41 eine feste Drehachse 45 eingerichtet. Das Dehnungssensorelement 5 wird gestrafft und erhält eine leichte elastische Dehnung, entsprechend seinem Arbeitspunkt. Das Verspannelement 41 ist mit seiner langen Seite senkrecht zu den Trägerstücken T1, T2 bzw. parallel zur Erstreckungsrichtung ER des Dehnungssensorelements 5 ausgerichtet. In diesem aufgespreizten Zustand wird der Träger 2 auf der zu überwachenden Struktur 4 befestigt, etwa aufgeklebt.

Nach der Befestigung auf der Struktur 4 (etwa nach einem Aushärten eines Klebers) kann das Verspannelement entfernt werden, vgl. **Fig. 4c**. Solange die Dehnungsmessanordnung 1 auf der Struktur 4 befestigt bleibt, bleibt auch der elastisch verformte Zustand des Trägers 2 und die leichte elastische Dehnung des Dehnungssensorelements 5 erhalten. Sollte ein Ablösen von der Struktur 4 erfolgen, so würde die Dehnungsmessanordnung 1 in den in Fig. 4a gezeigten, elastisch entspannten Zustand zurückkehren, was durch die Erschlaffung des Dehnungssensors 5 leicht gemessen werden könnte.

In der In **Fig. 5a** schematisch in einer Seitenansicht gezeigten fünften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung 1 verfügt der Träger 2 über ein hier geschlossenflächiges Grundelement 3, auf dem die Teilstücke T1, T2 befestigt sind. Im gezeigten elastisch entspannten Zustand des Grundelements 3, in welchem es nicht an einer Struktur 4 befestigt ist, ist das Grundelement 3 gewölbt, wodurch die Teilstücke T1, T2 nahe beisammen sind und ein dazwischen verlaufendes Dehnungssensorelement 5 schlaff ist, was leicht zu messen ist.

Im in **Fig. 5b** gezeigten Grundzustand, in welchem der Träger 2 mittels des Grundelements 3 auf der zu überwachenden Struktur 4 (gestrichelt dargestellt) befestigt ist, etwa aufgeklebt ist, ist das Grundelement 3 in einem elastisch verformten, hier ebenen Zustand gehalten und das Dehnungssensorelement 5 ist gestrafft, so dass es in seinem Arbeitsbereich verwendet werden kann. Insbesondere können Verformungen der Struktur 4 entlang (oder mit einer Komponente entlang) der Erstreckungsrichtung ER des Dehnungssensorelements 5 gut vermessen werden.

Die **Fig. 6a** in einem elastisch entspannten Zustand und die **Fig. 6b** in einem elastisch verformten Zustand eines Grundelements 3 eines Trägers 2 illustrieren eine sechste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung 1. Auf dem Grundelement 3 sind zwei Anlegeelemente 61 angeordnet bzw. ausgebildet.

In einem elastisch entspannten Zustand des Grundelements 3 nimmt dieses einen gewölbten Zustand an, wodurch die Anlegeelemente 61 auf das Dehnungssensorelement 5 in einem Mittelbereich 5a zwischen den Trägerstücken T1, T2 (deren Befestigung am übrigen Träger 2 zur Vereinfachung nicht näher dargestellt ist) drücken wie in Fig. 6a dargestellt oder es gar durchtrennen (nicht näher dargestellt). Dadurch wird das Dehnungssensorelement 5 zeitweilig oder dauerhaft in einer gut messbaren Weise beeinträchtigt. Ist das Dehnungssensorelement 5 als optische Faser mit einem Fiber-Bragg-Gitter ausgebildet, kann beispielsweise durch eine Quetschung der Faser die Reflektionswellenlänge stark verstimmt oder eine Dämpfung der Faser stark erhöht werden.

In einem elastisch verformten Zustand des Grundkörpers 3, hier wie in Fig. 6b dargestellt in einem ebenen Zustand des Grundkörpers 3 befestigt auf der ebenen, zu überwachenden Struktur 4, sind die Anlegeelemente 61 vom

Dehnungssensorelement 5 entfernt angeordnet, und beeinträchtigen dieses nicht. Es kann die normale Dehnungsüberwachung der Struktur 4 erfolgen.

Die **Fig. 7** zeigt eine siebte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung 1. Diese umfasst hier ein Dehnungssensorelement 5 und ein weiteres Dehnungssensorelement 71. Das Dehnungssensorelement 5 ist mit einem Fiber-Bragg-Gitter 6a (auch genannt slave FBG oder Hilfs-FBG) ausgebildet (vgl. hierzu z.B. Fig. 1a oben), und das weitere Dehnungssensorelement 71 ist mit einem weiteren Fiber-Bragg-Gitter 72 (auch genannt master FBG oder Haupt-FBG) ausgebildet. Das Fiber-Bragg-Gitter 6a und das weitere Fiber-Bragg-Gitter 72 sind in derselben optischen Faser 6 an unterschiedlichen Positionen ausgebildet.

Beim Dehnungssensorelement 5 sind die beiden Trägerstücke T1, T2 über die Spange 31 gegenüber der zu überwachenden Struktur 4 in einem elastisch verformten Zustand auf der Struktur 4 befestigt (vgl. z. B. Fig. 3 oben); typischerweise wurde dafür beim Befestigen eine elastische Spannung lokal am Träger 2 aufgebracht, etwa mit einem Exzenter oder einer anderen Verspannelement (nicht näher dargestellt). Sollte die elastische Verformung des Trägers 2 im überwachten Bereich des Dehnungssensorelements 5 verloren gehen, würde dies durch eine deutliche Änderung des Dehnungszustands am Dehnungssensorelement 5 erkannt.

Beim weiteren Dehnungssensorelement 71 ist hier die optische Faser 6 mit Fixierpunkten 74, 75 an Trägerstücken T1‘, T2‘ befestigt, wobei zwischen den Fixierpunkten 74, 75 die optische Faser 6 frei gespannt ist Die Trägerstücke T1‘, T2‘ sind auch hier über eine Spange 73 miteinander verbunden, wobei aber keine lokale elastische Verspannung bzw. Verformung des Trägers 2 gegenüber der Struktur 4 vorhanden ist. Der Träger 2 überträgt im überwachten Bereich des weiteren Dehnungssensorelements 71 somit eine Verformung der Struktur 4 ohne einen Spannungs-Offset durch den lokalen Träger 2.

In der gezeigten Ausführungsform haben das Fiber-Bragg-Gitter 6a und das weitere Fiber-Bragg-Gitter 72 deutlich unterschiedliche, nicht überlappende Reflektionswellenlängenintervalle. Beispielsweise kann die Reflektionswellenlänge des Fiber-Bragg-Gitters 6a (vor allem abhängig vom Verformungszustand des lokalen Trägers 2) im Bereich 720 nm bis 670 nm liegen, und die weitere Reflektionswellenlänge des weiteren Fiber-Bragg-Gitters 72 (vor allem abhängig vom Dehnungszustand der Struktur 4) im Bereich 635 nm bis 625 nm. Dann kann anhand der derzeitigen Reflektionswellenlänge des Dehnungssensorelements 5 der korrekte Sitz an der Struktur 4 überprüft werden, und anhand der derzeitigen, weiteren Reflektionswellenlänge des weiteren Dehnungssensorelements 71 die Verformung der Struktur 4; beides ist gleichzeitig messbar. Alternativ ist es auch möglich, das Dehnungssensorelement 5 bzw. die Dehnungsmessanordnung 1 so einzurichten, dass im Falle eines Abfallens das Fiber-Bragg-Gitter 6a im Arbeitsbereich (entspricht dem gesamten weiteren Reflektionswellenlängenintervall) des weiteren Fiber-Bragg-Gitters 72 intransparent wird, was bei einem Versuch der Reflektionswellenlängenbestimmung des weiteren Fiber-Bragg-Gitters 72 leicht aufgedeckt werden kann.

Typischerweise sind die lokalen Teile des Trägers 2 im überwachten Bereich des Dehnungssensorelements 5 und im überwachten Bereich des weiteren Dehnungssensorelements 71 gleichartig befestigt, so dass im Allgemeinen ein gleicher Halt (etwa infolge von Alterung) zu erwarten ist. Bevorzugt sind alle Teile des Trägers 2 in nicht näher dargestellter Weise miteinander mechanisch gekoppelt, so dass sich alle Teile des Trägers 2 gleich verhalten (insbesondere alle an der Struktur 4 befestigt sind oder alle von dieser abfallen).

Die **Fig. 8a** zeigt eine achte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dehnungsmessanordnung 1. Deren Träger 2 umfasst die Teilstücke T1, T2, an

denen an den Fixierpunkten 7, 8 das Dehnungssensorelement 5 befestigt ist. Die Teilstücke T1, T2 sind zum einen über eine Spange 31 des Trägers 2 fest miteinander verbunden, und zum anderen hier auch über ein bügelförmiges Verspannelement 81 fest miteinander verbunden.

Durch das Verspannelement 81 wird in der Spange 31 eine elastische Verformung erzwungen, wobei hier die Teilstücke T1, T2 voneinander weg gespreizt werden (bzw. gegeneinander tordiert werden, vgl. hierzu auch die Beschreibung von Fig. 3 oben). In diesem Zustand wird der Träger 2 (mit den Teilstücken T1, T2 und der Spange 31, nicht aber mit dem Verspannelement 81) auf einer zu überwachende Struktur 4 befestigt, etwa aufgeklebt.

Nach vollständiger Befestigung wird das Verspannelement 81 entfernt; hierfür wird das Verspannelement 81 an Sollbruchstellen 82 vom Träger 2 abgebrochen, vgl. **Fig. 8b**. Der elastisch gespreizte Zustand der Spange 31 wird durch die Struktur 4, auf der der Träger 2 befestigt ist, aufrecht erhalten. Die Bereiche der an den Trägerstücken T1, T2 verbleibenden Bruchflächen können als ein Verspannlager 83 für das Verspannelement 81 aufgefasst werden.

Sollte die Dehnungsmessanordnung 1 einmal von der Struktur 4 abfallen, so nimmt die Spange 31 daraufhin einen elastisch entspannten Zustand ein. Dieser ist in **Fig. 8c** gezeigt. Dadurch nähern sich die Teilstücke T1, T2 aneinander an, und das Dehnungssensorelement 5 erschlafft. Dies ist leicht am Dehnungssensorelement zu messen.

Die **Fig. 9** illustriert in einer schematischen Seitenansicht einen Achszähler 91 für die Erfindung, der seitlich an einer Eisenbahnschiene 92 (etwa am so genannten Schienensteg) als zu überwachender Struktur 4 befestigt ist. Der Achszähler 91 umfasst hier zwei erfindungsgemäße Dehnungsmessanordnungen 1, die hier beispielhaft jeweils mit zwei

Teilstücken T1, T2 und einer diese verbindenden Spange 31 ausgebildet sind (vgl. z. B. Fig. 3). Auf der Eisenbahnschiene 92 können in Fahrtrichtung FR Züge verfahren, deren Zugachsen mit dem Achszähler 91 detektiert werden können. Die Erstreckungsrichtungen ER der Dehnungssensorelemente 5 verlaufen hier schräg zur Fahrtrichtung FR, in der gezeigten Ausführungsform unter einem Winkel von ca. 45°. Man beachte, dass die Fahrtrichtung FR gleichzeitig der Verlaufsrichtung einer neutralen Faser in der Eisenbahnschiene 92 bzw. Struktur 4 unter der Belastung der Züge entspricht.

Rollt beispielsweise eine Zugachse von links nach rechts in Fig. 9 oben über den Achszähler 91, so registriert die linke Dehnungsmessanordnung 1 zunächst eine relative Dehnung, und dann eine relative Stauchung gegenüber einem Grundzustand (ohne Zugüberfahrt). Zeitlich etwas später registriert auch die rechte Dehnungsmessanordnung 1 zunächst eine relative Dehnung, und dann eine relative Stauchung gegenüber dem Grundzustand. Bei entgegengesetzter Fahrtrichtung ist die Abfolge der Ereignisse entsprechend umgekehrt.

Durch die beiden Dehnungsmessanordnungen 1 im Achszähler 91 kann eine Redundanz eingerichtet werden, die die Sicherheit im Zugbetrieb verbessert. Man beachte, dass in einfacheren Ausführungsformen auch lediglich eine Dehnungsmessanordnung im Achszähler 91 vorgesehen sein kann.

Bezugszeichenliste

1	Dehnungsmessanordnung
2	Träger
3	Grundelement
4	zu überwachende Struktur
5	Dehnungssensorelement

5a	Mittelabschnitt
6	optische Faser
6a	Fiber-Bragg-Gitter
6b	Zuleitung
7	erster Fixierpunkt
8	zweiter Fixierpunkt
9	hinterer Bereich
10	vorderer Bereich
21	Blattfederelement
22	Ende (Blattfederelement)
23	Ende (Blattfederelement)
24	Stützelement
24a	Stützfortsatz
25	Mitnahmeelement
25a	Mitnehmerfortsatz
31	Spange
32	Gelenkbereich
33	Einkerbung
34	Feder
41	Verspannelement (Exzenter)
42	Sollbruchstelle
43	Drehrichtung
44	Verspannlager
45	feste Drehachse
61	Anlegeelement
71	weiteres Dehnungssensorelement
72	weiteres Fiber-Bragg-Gitter
73	weitere Spange
74	Fixierpunkt
75	Fixierpunkt
81	Verspannelement (bügelförmig)

82	Sollbruchstelle
83	Verspannlager (für bügelförmiges Verspannelement)
91	Achszähler
92	Eisenbahnschiene
AE	Abstand Fixierpunkte
ER	Erstreckungsrichtung (Dehnungssensorelement)
GL	gesamte Länge Teilstücke T1, T2
FBG	Fiber Bragg Gitter (Faser Bragg Gitter)
FR	Fahrtrichtung
LT1	Länge Teilstück T1
LT2	Länge Teilstück T2
T1	erstes Teilstück (Dehnungssensorelement)
T1‘	erstes Teilstück (weiteres Dehnungssensorelement)
T2	zweites Teilstück (Dehnungssensorelement)
T2‘	zweites Teilstück (weiteres Dehnungssensorelement)

Patentansprüche

1. Dehnungsmessanordnung (1), insbesondere für einen Achszähler (91), umfassend
   - wenigstens ein Dehnungssensorelement (5), insbesondere eine optische Faser (6) mit einem Fiber-Bragg-Gitter (6a, FBG),
   - einen Träger (2), auf dem das Dehnungssensorelement (5) befestigt ist, und
   - eine zu überwachende Struktur (4), insbesondere eine Eisenbahnschiene, auf der der Träger (2) befestigt ist, wobei zumindest ein Teil des Trägers (2) im auf der Struktur (4) befestigten Zustand des Trägers (2) durch die Struktur (4) in einem elastisch verformten Zustand gehalten wird,

   dadurch gekennzeichnet,

   dass der Träger (2) ausgebildet ist mit einem ersten Trägerstück (T1) und einen zweiten Trägerstück (T2), die voneinander beabstandet einander gegenüberliegen,
   und dass das Dehnungssensorelement (5) zumindest mit einem ersten Fixierpunkt (7) am ersten Trägerstück (T1), und zumindest mit einem zweiten Fixierpunkt (8) am zweiten Trägerstück (T2), und mit einem Mittelabschnitt (5a) zwischen den Fixierpunkten (7, 8) weder am ersten noch am zweiten Trägerstück (T1, T2) befestigt ist.

2. Anordnung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
   dass der Teil des Trägers (2), der im auf der Struktur (4) befestigten Zustand des Trägers (2) durch die Struktur (4) in einem elastisch verformten Zustand gehalten wird, ein Blattfederelement (21) umfasst, und dass an dem Blattfederelement (21) ausgebildet ist

- ein Stützelement (24) zum Abstützen an der Struktur (4) im auf der Struktur (4) befestigten Zustand des Trägers (2), und
- ein Mitnahmeelement (25) zum Hintergreifen des Dehnungssensorelements (5) im Mittelabschnitt (5a).

3. Anordnung (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Blattfederelement (21) und das Mitnahmeelement (25) so ausgebildet sind, dass durch diese im elastisch verformten Zustand des Blattfederelements (21) bei auf der Struktur (4) befestigtem Träger (2) auf das Dehnungssensorelement (5) keine oder nur eine geringe Dehnung aufprägt wird, und in einem elastisch entspannten Zustand des Blattfederelements (21) nach einer Ablösung des Trägers (2) von der Struktur (4) auf das Dehnungssensorelement (5) eine größere Dehnung aufgeprägt wird.

4. Anordnung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Teil des Trägers (2), der im auf der Struktur (4) befestigten Zustand des Trägers (2) durch die Struktur (4) in einem elastisch verformten Zustand gehalten wird, das erste Trägerstück (T1) und das zweite Trägerstück (T2) umfasst, wobei das erste Trägerstück (T1) und das zweite Trägerstück (T2) zumindest mit einer Richtungskomponente entlang einer Erstreckungsrichtung (ER) des Dehnungssensorelements (5) zueinander elastisch verspannt sind.

5. Anordnung (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und zweite Trägerstück (T1, T2) durch eine Spange (31) miteinander verbunden sind, insbesondere wobei die Spange (31) vom Dehnungssensorelement (5) um einem Abstand AS beabstandet ist, bevorzugt wobei für den Abstand AS und einen Abstand AE von erstem und zweitem Fixierpunkt (7, 8) gilt: $AS \geq 1 * AE$, besonders bevorzugt

AS≥3*AE.

6. Anordnung (1) nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (2) ein Verspannlager (44; 83) ausbildet, an oder in welchem ein Verspannelement (41; 81) anordenbar ist, das am ersten und zweiten Trägerstück (T1, T2) angreift,
insbesondere wobei Verspannlager (44) und Verspannelement (41) nach Art eines Exzenters zusammenwirken.

7. Anordnung (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein an oder im Verspannlager (44; 83) angeordnetes Verspannelement (41; 81) von dem Träger (2) abgebrochen worden ist, insbesondere aus dem Innenbereich des Verspannlagers (44).

8. Anordnung (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass an oder im Verspannlager (44; 83) kein Verspannelement (41; 81) mehr angeordnet ist.

9. Anordnung nach (1) einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass der Träger (2) ein Grundelement (3) aufweist, mit dem der Träger (2) an der zu überwachenden Struktur (4) befestigt ist,
und dass das erste Trägerstück (T1) und das zweite Trägerstück (T2) auf oder an dem Grundelement (3) befestigt sind.

10. Anordnung (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und zweite Trägerstück (T1, T2) jeweils lediglich in einem hinteren Bereich (9), der dem Dehnungssensorelement (5) abgewandt ist, am Grundelement (3) befestigt sind,
und dass das erste und zweite Trägerstück (T1, T2) jeweils in einem vorderen Bereich (10), der dem hinteren Bereich (9) abgewandt ist, am

Dehnungssensorelement (5) befestigt sind.

11. Anordnung (1) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Teil des Trägers (2), der im auf der Struktur (4) befestigten Zustand des Trägers (2) durch die Struktur (4) in einem elastisch verformten Zustand gehalten wird, das Grundelement (3) umfasst, insbesondere wobei im elastisch verformten Zustand das Grundelement (3) im Wesentlichen eben ist.

12. Anordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (2) wenigstens ein Anlegeelement (61) umfasst, wobei das Anlegeelement (61) im elastisch verformten Zustand zumindest des Teils des Trägers (2) das Dehnungssensorelement (5) oder eine Zuleitung (6b) des Dehnungssensorelements (5) unbeeinträchtigt lässt, und das Anlegeelement (61) so ausgebildet ist, dass das Anlegeelement (61) in einem elastisch entspannten Zustand zumindest des Teils des Trägers (2) nach einer Ablösung des Trägers (2) von der Struktur (4) das Dehnungssensorelement (5) oder eine Zuleitung (6b) des Dehnungssensorelements (5) so beeinträchtigt, insbesondere abknickt und/oder zerteilt, dass das Dehnungssensorelement (5) seinen Arbeitsbereich verlässt oder vollständig versagt.

13. Anordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass das Dehnungssensorelement (5) eine optische Faser (6) mit einem Fiber-Bragg-Gitter (6a, FBG) umfasst,
dass weiterhin ein weiteres Dehnungssensorelement (71) vorhanden ist, wobei das weitere Dehnungssensorelement (71) ebenfalls diese optische Faser (6) und ein weiteres Fiber-Bragg-Gitter (72) umfasst,
dass das weitere Dehnungssensorelement (71) ebenfalls auf dem Träger (2) befestigt ist, und

dass im elastisch verformten Zustand zumindest des Teils des Trägers (2) mit auf der Struktur (4) befestigtem Träger (2) das Fiber-Bragg-Gitter (6a, FBG) einen ersten Dehnungszustand einnimmt, in welchem es in einem Arbeitsbereich des weiteren Fiber-Bragg-Gitters (72) des weiteren Dehnungssensorelements (5) transparent ist, und in einem elastisch entspannten Zustand zumindest des Teils des Trägers (2) nach Ablösung des Trägers (2) von der Struktur (4) das Fiber-Bragg-Gitter einen zweiten Dehnungszustand einnimmt, in welchem der Arbeitsbereich des weiteren Fiber-Bragg-Gitters (72) des weiteren Dehnungssensorelements (5) intransparent ist,
oder dass ein Reflektionswellenlängenintervall des Fiber-Bragg-Gitters (6a, FBG) und ein weiteres Reflektionswellenlängenintervall des weiteren Fiber-Bragg-Gitters (72) zwischen dem elastisch verformten Zustand zumindest des Teils des Trägers (2) mit auf der Struktur (4) befestigtem Träger (2) und einem elastisch entspannten Zustand zumindest des Teils des Trägers (2) nach Ablösung des Trägers (2) von der Struktur (4) nicht überlappen.

14. Verfahren zur Montage einer Dehnungsmessanordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
a) Mittels eines Verspannelements (41; 81) wird zumindest der Teil des Trägers (2) elastisch verspannt;
b) Zumindest der Teil des Trägers (2) wird mittels des Verspannelements (41; 81) im elastisch verspannten Zustand gehalten und der Träger (2) auf der zu überwachenden Struktur (4) befestigt, insbesondere aufgeklebt;
c) das Verspannelement (41; 81) wird entfernt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Verspannelement (41) vor Schritt a) fest mit dem Träger (2) verbunden ist, und dass für Schritt a) das Verspannelement (41) vom Träger (2)

abgebrochen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Verspannelement (81) in Schritt a) und b) fest mit dem Träger (2) verbunden ist, und dass für Schritt c) das Verspannelement (81) vom Träger (2) abgebrochen wird.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dass nach Montage einer oder mehrerer Dehnungsmessanordnungen (1) die abgebrochenen und in Schritt c) entfernten Verspannelemente (41; 81) auf Vollständigkeit überprüft werden.

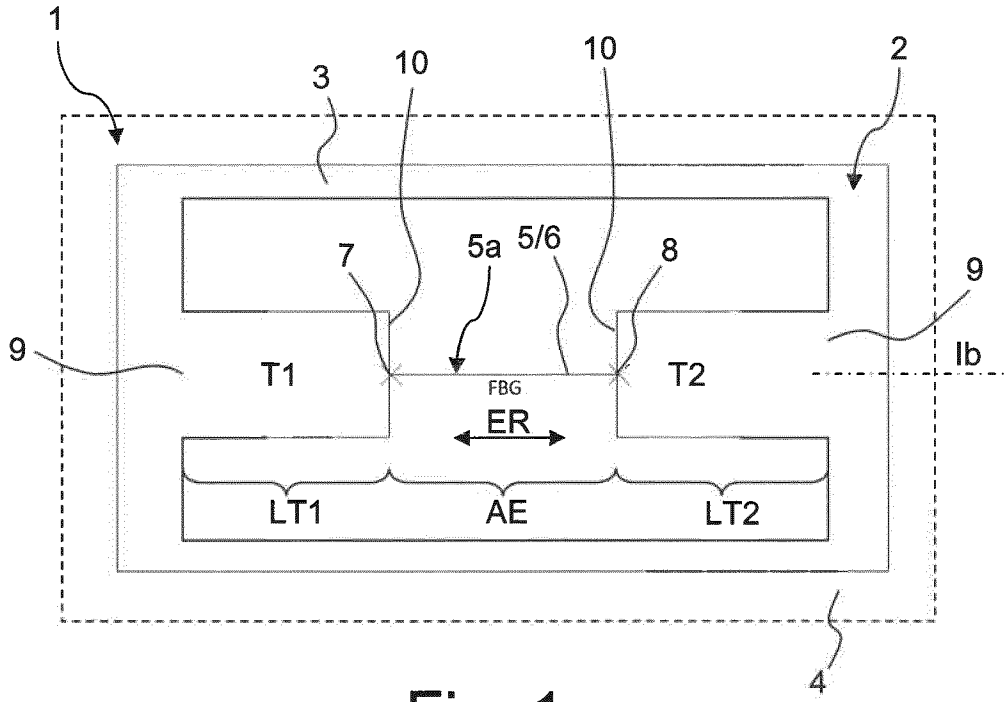

1
3
10
10
2
7
5a
5/6
8
9
9
T1
T2
Ib
FBG
ER
LT1
AE
LT2
4

Fig. 1a

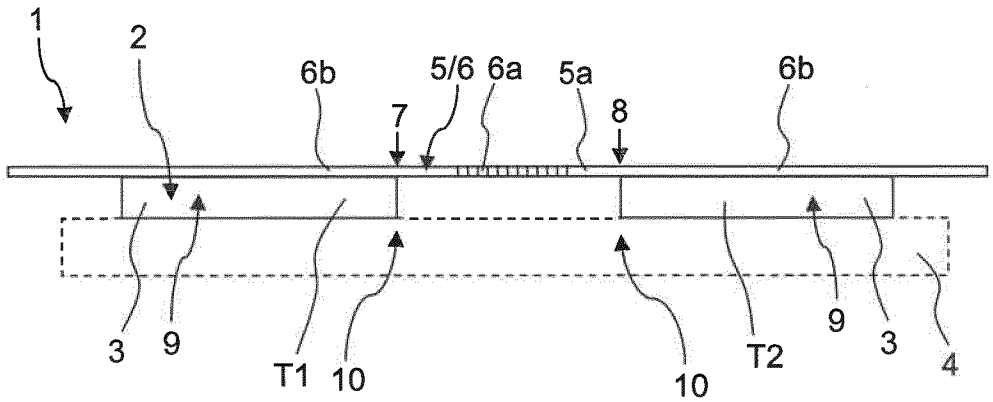

1
2
6b
5/6
6a
5a
6b
7
8
3
9
T1
10
10
T2
9
3
4

Fig. 1b

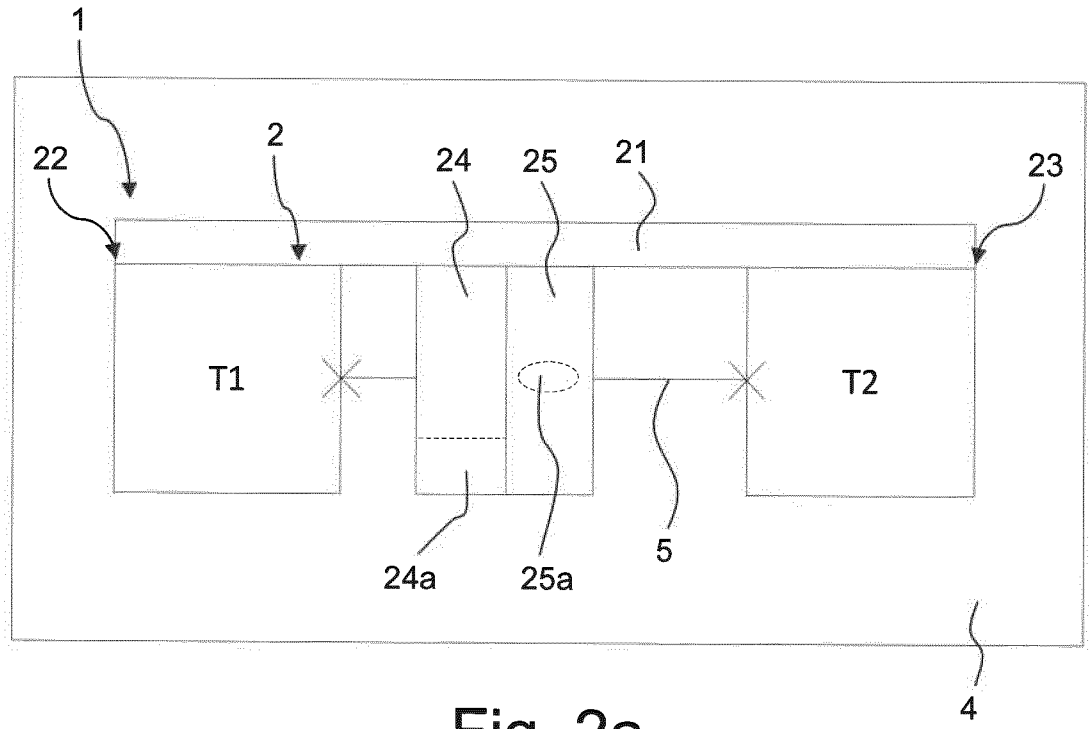


Fig. 2a

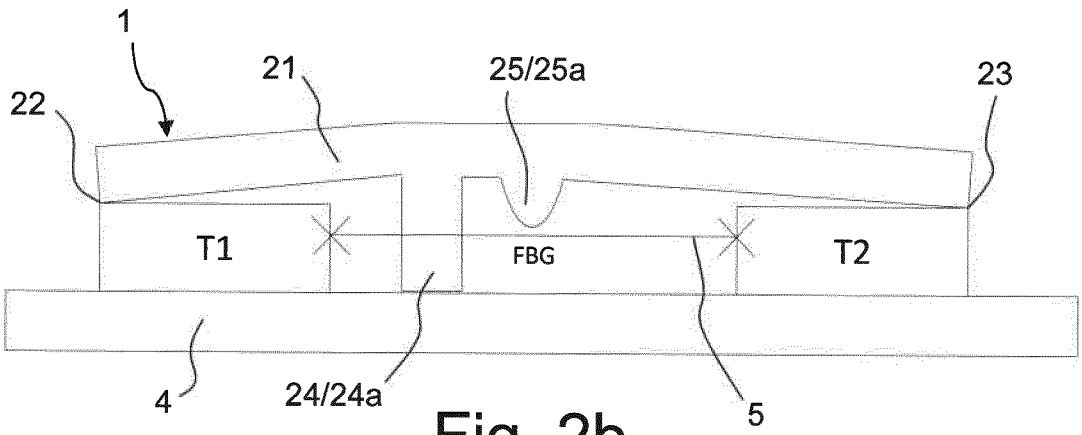


Fig. 2b

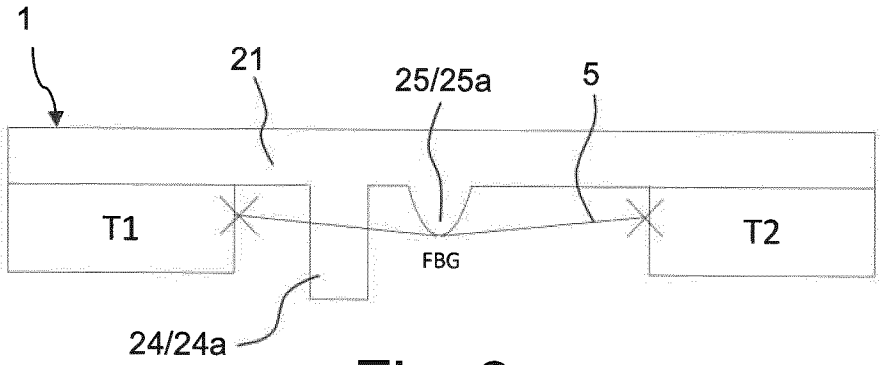


Fig. 2c

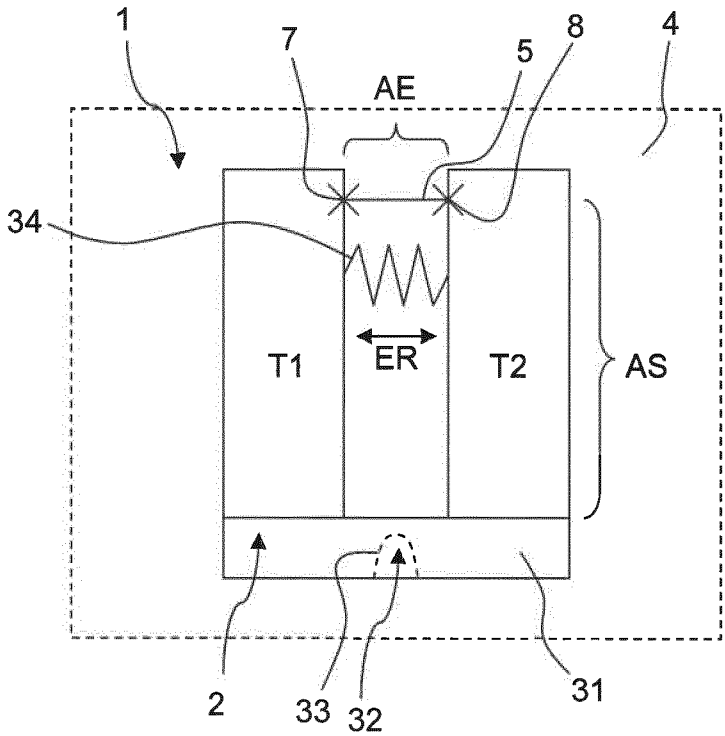


Fig. 3

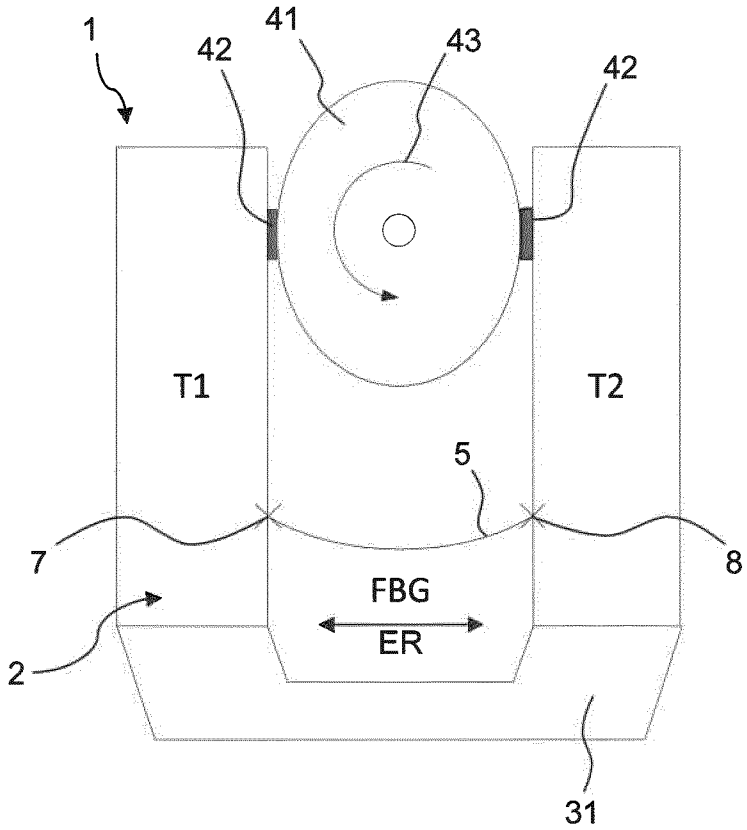


Fig. 4a

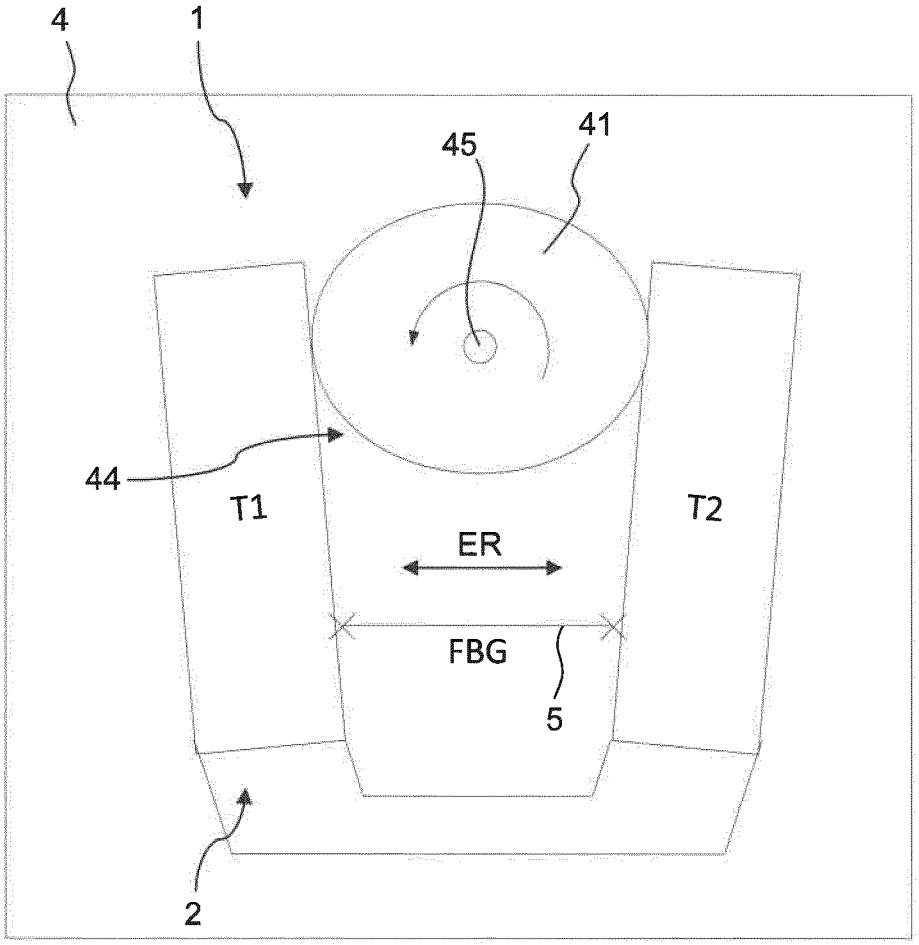


Fig. 4b

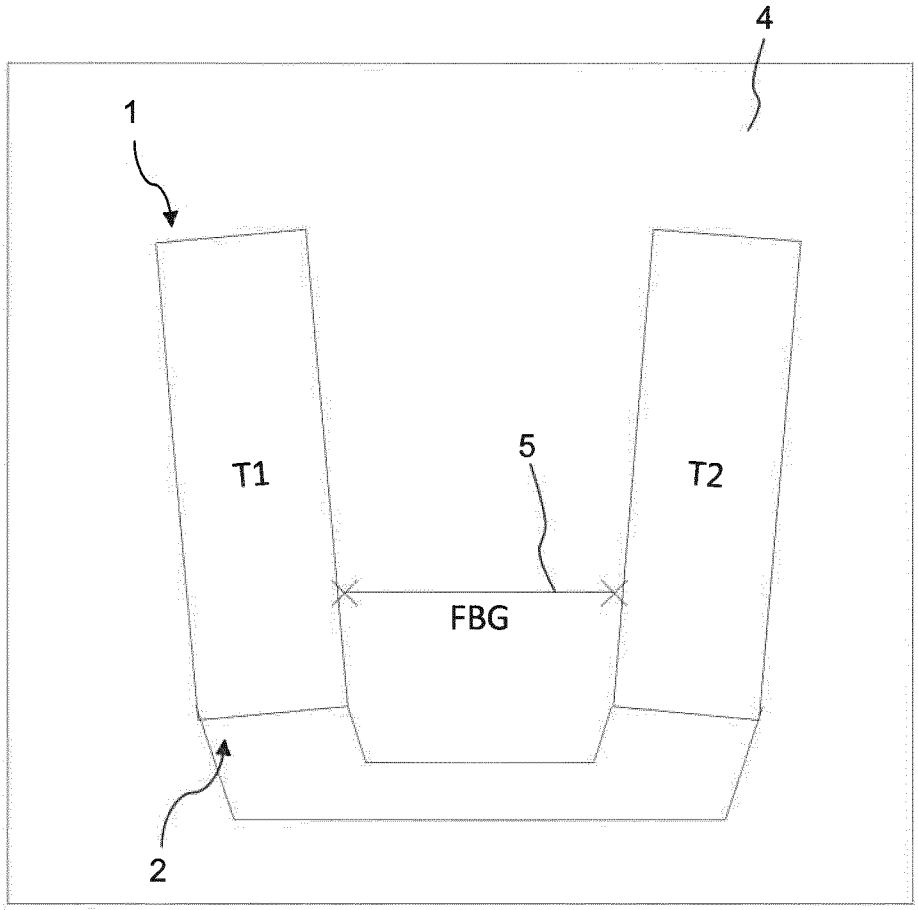


Fig. 4c

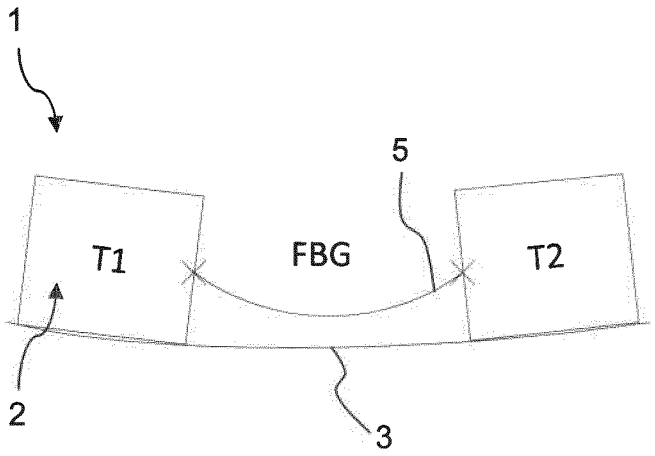


Fig. 5a

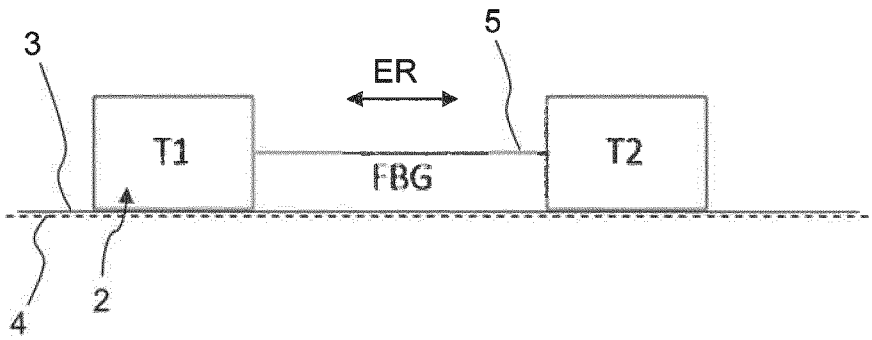


Fig. 5b

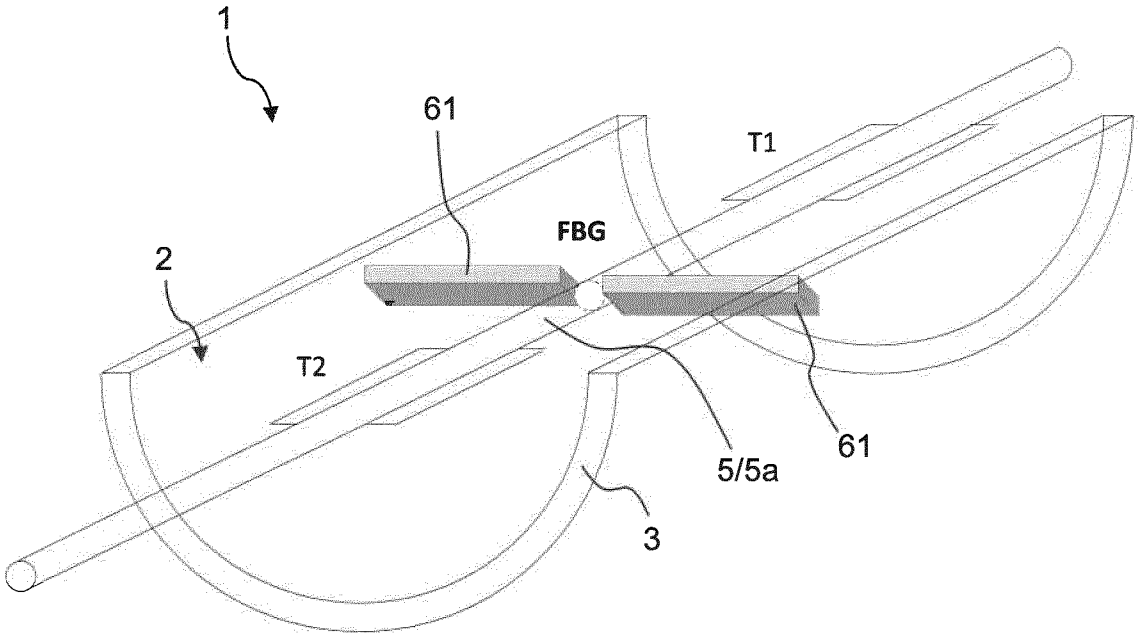


Fig. 6a

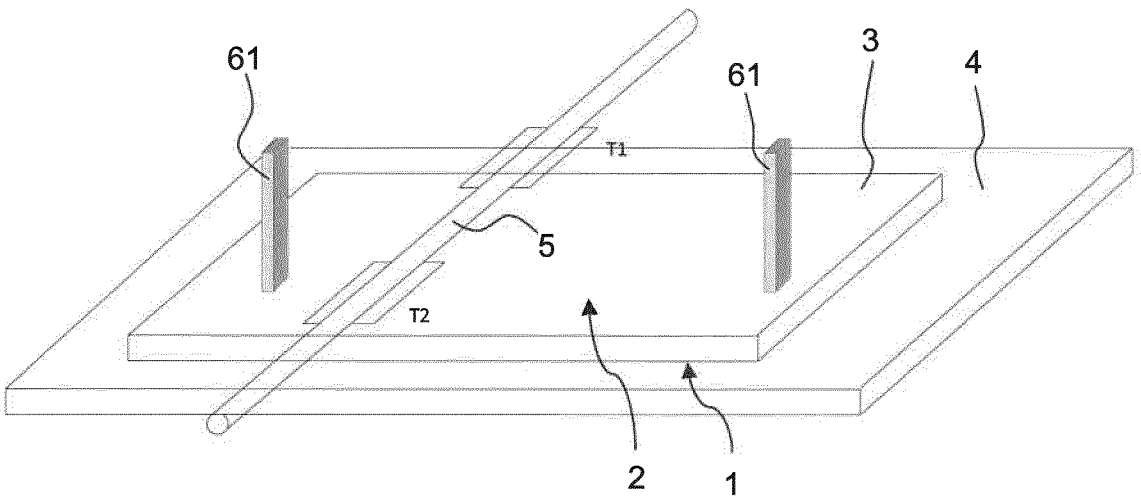


Fig. 6b

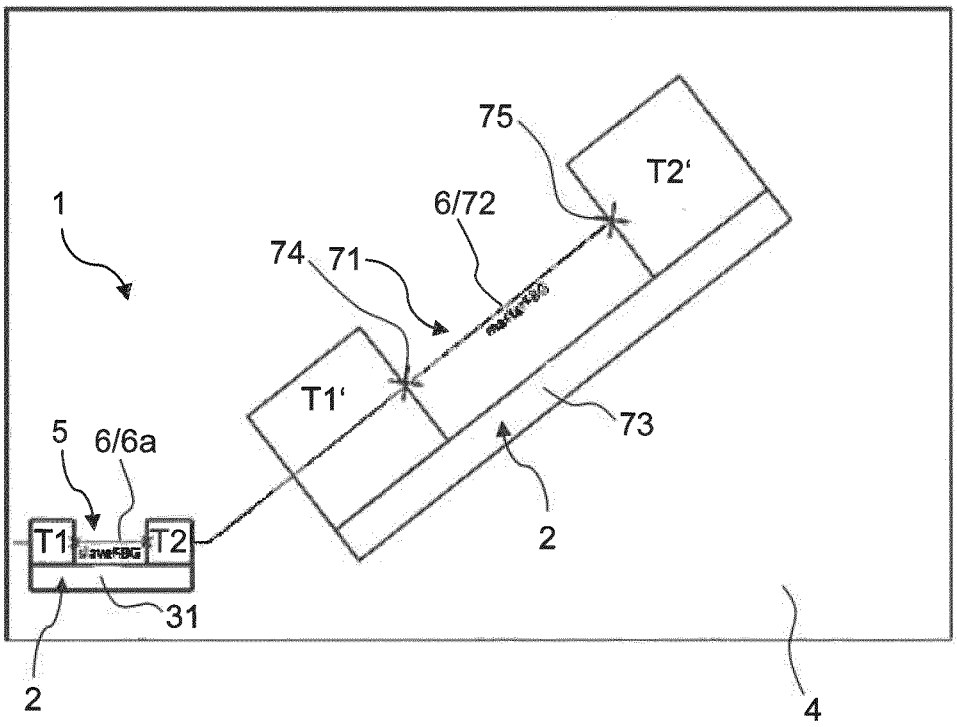


Fig. 7

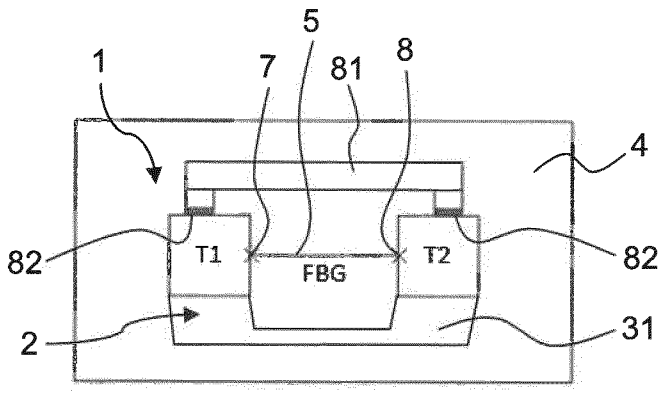


Fig. 8a

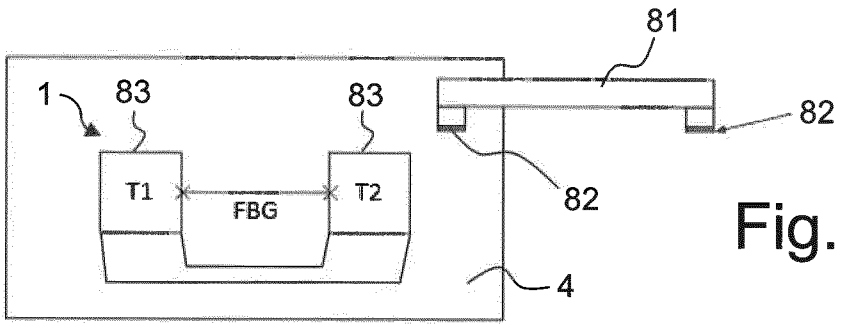


Fig. 8b

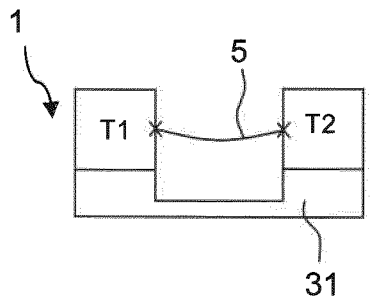


Fig. 8c

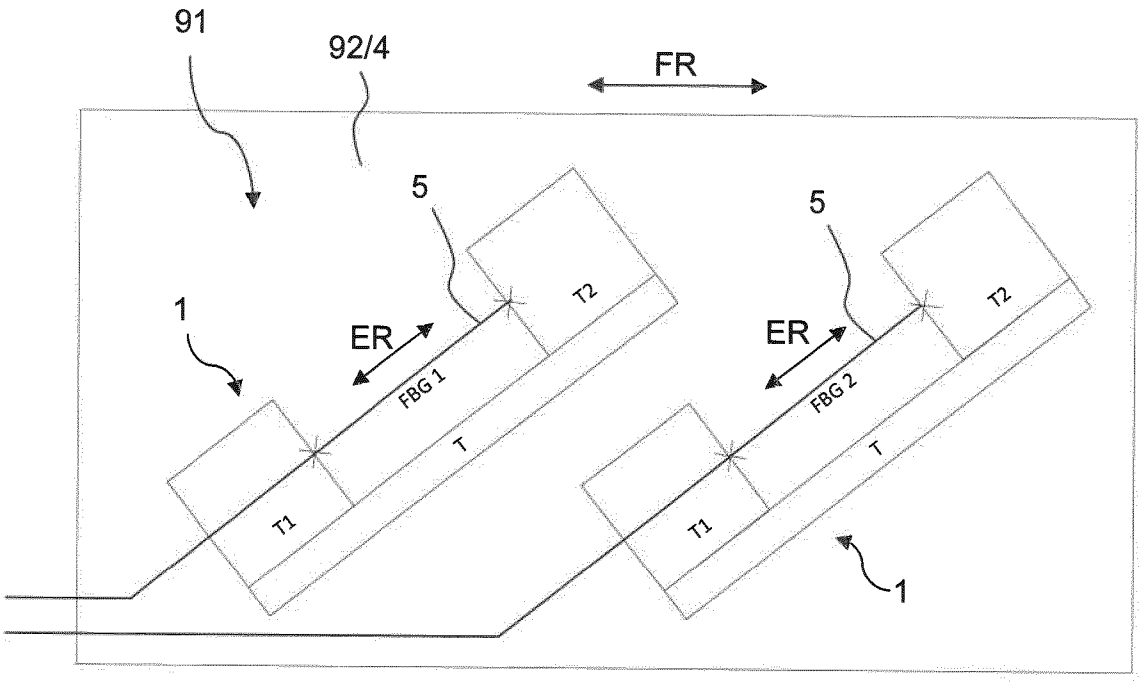


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2018/073820

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B61L 23/04(2006.01)i; ***B61L 1/16***(2006.01)i; ***G01D 5/353***(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)

G01D; B61L

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 Y	DE 102015115925 B3 (FOS4X GMBH [DE]) 08 December 2016 (2016-12-08) paragraph [0001] paragraph [0004] - paragraph [0005] paragraph [0018] - paragraph [0023] paragraph [0038] figures 1,3A	1-3 5,6
A	EP 1128171 A1 (SENSOR LINE GES FUER OPTOELEKT [DE]) 29 August 2001 (2001-08-29) paragraph [0015] - paragraph [0017] paragraph [0023]	1-3,7,8,14-17
Y	DE 102014100653 A1 (FOS4X GMBH [DE]) 23 July 2015 (2015-07-23) paragraph [0062] - paragraph [0063] figures 5A,5B	5
Y	WO 0135133 A1 (IONAS AS [DK]; SIGMUND OLE [DK]; BEUKEMA MARTIJN [DK]; PEDERSEN JENS E) 17 May 2001 (2001-05-17) page 13, paragraph 1 figures 2-4	6

☐ 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	Date of mailing of the international search report
20 February 2019	**06 March 2019**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Janssen, Axel** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2018/073820

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-3
Stress generation in a strain sensor element by means of leaf springs.

2. claim: 4
Stress generation in a strain sensor element by prestress in the direction of the fiber.

3. claims: 5, 6
Stress generation in a strain sensor element by means of a clasp.

4. claims: 7, 8, 14-17
Mounting method for a strain sensor element.

5. claims: 9-11
Stress generation in a strain sensor element by means of a prestressed base element.

6. claim: 12
Detachment detection of a strain sensor element by means of a bearing element.

7. claim: 13
Coordination of the working regions when a plurality of strain sensor elements are combined.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☑ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.: **5-8, 14-17**

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☑ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2018/073820

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102015115925	B3	08 December 2016	CA	2996244	A1	30 March 2017
				CN	108139237	A	08 June 2018
				DE	102015115925	B3	08 December 2016
				EP	3353501	A1	01 August 2018
				US	2018274909	A1	27 September 2018
				WO	2017050767	A1	30 March 2017
EP	1128171	A1	29 August 2001	NONE			
DE	102014100653	A1	23 July 2015	AU	2015208343	A1	14 July 2016
				AU	2018200259	A1	01 February 2018
				CA	2937436	A1	30 July 2015
				CA	3004835	A1	30 July 2015
				CN	106414212	A	15 February 2017
				DE	102014100653	A1	23 July 2015
				EP	3097397	A2	30 November 2016
				EP	3376196	A1	19 September 2018
				JP	2017504030	A	02 February 2017
				KR	20160108551	A	19 September 2016
				MA	39167	A1	30 November 2016
				RU	2016133991	A	02 March 2018
				US	2016356661	A1	08 December 2016
				WO	2015110361	A2	30 July 2015
				ZA	201603988	B	30 August 2017
WO	0135133	A1	17 May 2001	AU	1269701	A	06 June 2001
				WO	0135133	A1	17 May 2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/073820

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B61L23/04 B61L1/16 G01D5/353
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01D B61L

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 10 2015 115925 B3 (FOS4X GMBH [DE]) 8. Dezember 2016 (2016-12-08)	1-3
Y	Absatz [0001] Absatz [0004] - Absatz [0005] Absatz [0018] - Absatz [0023] Absatz [0038] Abbildungen 1,3A	5,6

A	EP 1 128 171 A1 (SENSOR LINE GES FUER OPTOELEKT [DE]) 29. August 2001 (2001-08-29) Absatz [0015] - Absatz [0017] Absatz [0023]	1-3,7,8, 14-17

Y	DE 10 2014 100653 A1 (FOS4X GMBH [DE]) 23. Juli 2015 (2015-07-23) Absatz [0062] - Absatz [0063] Abbildungen 5A,5B	5

	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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
20. Februar 2019	06/03/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Janssen, Axel

3

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/073820

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 01/35133 A1 (IONAS AS [DK]; SIGMUND OLE [DK]; BEUKEMA MARTIJN [DK]; PEDERSEN JENS E) 17. Mai 2001 (2001-05-17) Seite 13, Absatz 1 Abbildungen 2-4 -----	6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/073820

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. ☒ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
5-8, 14-17

4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchengebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.

☐ Die zusätzlichen Recherchengebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.

☒ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchengebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN **PCT/ISA/** 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-3

   Spannungserzeugung bei einem Dehnungssensorelement durch Blattfedern

   ---

2. Anspruch: 4

   Spannungserzeugung bei einem Dehnungssensorelement durch Vorspannung in Faserrichtung

   ---

3. Ansprüche: 5, 6

   Spannungserzeugung bei einem Dehnungssensorelement durch eine Spange

   ---

4. Ansprüche: 7, 8, 14-17

   Montageverfahren für ein Dehnungssensorelement

   ---

5. Ansprüche: 9-11

   Spannungserzeugung bei einem Dehnungssensorelement durch ein vorgespanntes Grundelement

   ---

6. Anspruch: 12

   Ablösungserkennung eines Dehnungssensorelementes mittels eines Anlegeelementes

   ---

7. Anspruch: 13

   Abstimmung der Arbeitsbereiche bei Kombination mehrerer Dehnungssensorelemente

   ---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/073820

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102015115925 B3	08-12-2016	CA 2996244 A1	30-03-2017
		CN 108139237 A	08-06-2018
		DE 102015115925 B3	08-12-2016
		EP 3353501 A1	01-08-2018
		US 2018274909 A1	27-09-2018
		WO 2017050767 A1	30-03-2017
EP 1128171 A1	29-08-2001	KEINE	
DE 102014100653 A1	23-07-2015	AU 2015208343 A1	14-07-2016
		AU 2018200259 A1	01-02-2018
		CA 2937436 A1	30-07-2015
		CA 3004835 A1	30-07-2015
		CN 106414212 A	15-02-2017
		DE 102014100653 A1	23-07-2015
		EP 3097397 A2	30-11-2016
		EP 3376196 A1	19-09-2018
		JP 2017504030 A	02-02-2017
		KR 20160108551 A	19-09-2016
		MA 39167 A1	30-11-2016
		RU 2016133991 A	02-03-2018
		US 2016356661 A1	08-12-2016
		WO 2015110361 A2	30-07-2015
		ZA 201603988 B	30-08-2017
WO 0135133 A1	17-05-2001	AU 1269701 A	06-06-2001
		WO 0135133 A1	17-05-2001