(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 936 249 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.01.2022 Patentblatt 2022/02

(51) Int Cl.:
B21B 38/00 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **21192579.7**

(22) Anmeldetag: **06.12.2019**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **11.12.2018 DE 102018009611**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
19816688.6 / 3 790 675

(27) Früher eingereichte Anmeldung:
06.12.2019 PCT/EP2019/084051

(71) Anmelder: **VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH**
40237 Düsseldorf (DE)

(72) Erfinder:
- **MÜCKE, Gert**
  40724 Hilden (DE)
- **KREMEYER, Julian**
  40593 Düsseldorf (DE)
- **VOSS, Thorsten**
  51377 Leverkusen (DE)

(74) Vertreter: **Tilmann, Max Wilhelm et al**
König-Szynka-Tilmann-von Renesse
Patentanwälte Partnerschaft mbB
Mönchenwerther Straße 11
40545 Düsseldorf (DE)

Bemerkungen:
Diese Anmeldung ist am 23.08.2021 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **MESSROLLE ZUM FESTSTELLEN EINER EIGENSCHAFT EINES ÜBER DIE MESSROLLE GEFÜHRTEN BANDFÖRMIGEN GUTS**

(57) Messrolle zum Feststellen einer Eigenschaft eines über die Messrolle geführten bandförmigen Guts, insbesondere von Metallband, mit
- einem Messrollenkörper 1 mit einer Umfangsfläche,
- mindestens einer Ausnehmung 3 in dem Messrollenkörper 1, die beabstandet zu der Umfangsfläche angeordnet ist oder von der Umfangsfläche in das Innere des Messrollenkörpers 1 führt und
- mit einem ersten Kraftsensor 7a, der in der Ausnehmung 3 angeordnet ist, und einem zweiten Kraftsensor 7b, der in der Ausnehmung 3 oder einer weiteren, der Ausnehmung 3 benachbarten Ausnehmung 3 angeordnet ist,
wobei der erste Kraftsensor 7a eine Sensorfläche aufweist und der erste Kraftsensor 7a bei einer Änderung der Lage der Sensorfläche des ersten Kraftsensors 7a ein Sensorsignal erzeugen kann und der zweite Kraftsensor 7b eine Sensorfläche aufweist und der zweite Kraftsensor 7b bei einer Änderung der Lage der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors 7b ein Sensorsignal erzeugen kann.

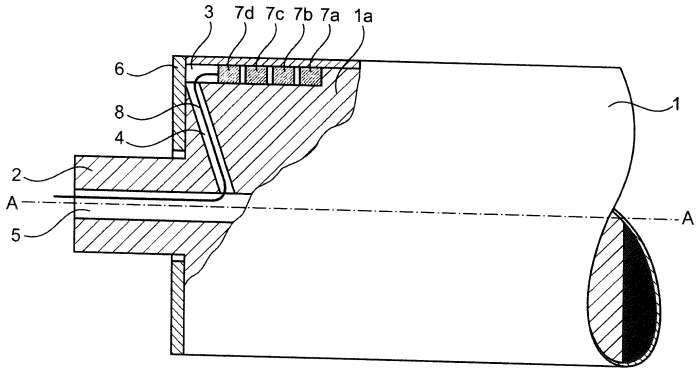

Fig. 1

EP 3 936 249 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Messrolle zum Feststellen einer Eigenschaft eines über die Messrolle geführten bandförmigen Guts, insbesondere von Metallband. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Feststellen einer Eigenschaft eines über die Messrolle geführten bandförmigen Guts, insbesondere von Metallband. Ebenso betrifft die Erfindung eine Verwendung einer solchen Messrolle.

[0002] Messrollen werden beim Kalt- und Warmwalzen von Metallband eingesetzt und sind beispielsweise aus der DE 42 36 657 A1 bekannt.

[0003] Für das herkömmliche Messen der Planheit beim Walzen von Bändern werden im Wesentlichen Verfahren eingesetzt, bei denen das Band mit einem gewissen Umschlingungswinkel über eine mit Kraftsensoren bestückte Messrolle geführt wird.

[0004] Auf diese Weise kommt es bei der in der DE 42 36 657 A1 beschriebenen Messrolle zu einer Berührung zwischen Kraftmessgebern oder deren Abdeckungen, die in zur Messrollenoberfläche offenen radialen Ausnehmungen der Messrolle angeordnet sind, und dem Band. Zwischen den am Boden ihrer Ausnehmung aufgespannten Kraftsensoren und der sie umgebenden Ausnehmungswandung befindet sich ein zylindrischer Spalt. Dieser Spalt kann mit einem O-Ring schulterdichtend oder mit einer Kunststoffschicht frontdichtend verschlossen sein, um das Eindringen von Schmutz, beispielsweise Bandabrieb und Schmiermittel in die Ringspalte zwischen Kraftsensor und Messrollenkorpus zu verhindern. Auch ist es möglich, wie in der DE 42 36 657 A1 in der Fig. 1c dargestellt ist, den Messgeber in eine Ausnehmung der Vollrolle zu platzieren, die dann mit einer angearbeiteten Membran abgedeckt wird.

[0005] Die Anordnung der Kraftsensoren mit Abstand von der sie umgebenden Wandung und das Verschließen des Ringspalts mit Hilfe eines O-Rings oder eines hinreichend elastischen Kunststoffs (DE 196 16 980 A1) verhindert, dass sich während des Walzens im Korpus der Messrolle wirksame Querkräfte störend auf die Kraftsensoren bzw. das Messergebnis auswirken. Derartige Störkräfte sind die Folge des auf die Messrolle wirkenden Bandzugs und einer damit verbundenen Durchbiegung der Messrolle. Deren Querschnitt nimmt dabei die Form einer Ellipse an, deren längere Achse parallel zum Band verläuft. Die Messrollendurchbiegung täuscht dem Kraftsensor eine Unebenheit des Bandes vor, wenn sie durch Kraftnebenschluss auf den Messgeber übertragen wird. Ein solcher Kraftnebenschluss lässt sich bei der Verwendung einer Dichtung im Ringspalt nicht ganz vermeiden, da die Dichtkräfte zwangsläufig auf den Kraftsensor wirken.

[0006] Aus DE 102 07 501 C1 ist eine Vollrolle zum Feststellen von Planheitsabweichungen beim Behandeln von bandförmigem Gut, insbesondere von Metallband, mit in Ausnehmungen angeordneten Kraftsensoren bekannt, bei der die Kraftsensoren axial zugänglich sind. Das Einbringen der axial verlaufenden Ausnehmungen wird häufig mit Tieflochbohrwerkzeugen durchgeführt. Bei Messrollen mit Ballenbreiten > 1000 mm müssen sehr lange Bohrwerkzeuge verwendet werden, da für das stirnseitige Bohren der Ausnehmung das Bohrwerkzeug erst über die zum Teil sehr langen Zapfen gefahren werden muss. Ein Verlaufen des Bohrkanals ist häufig die Ursache.

[0007] Aus DE 20 2007 001 066 U1 ist eine Messrolle zum Feststellen von Planheitsabweichungen beim Behandeln von bandförmigem Gut, insbesondere von Metallband, mit einem Messrollenkörper und einem den Messrollenkörper zumindest teilweise umgebenden Mantelrohr und in Ausnehmungen angeordneten Kraftsensoren bekannt, wobei sich die Ausnehmungen von einer Stirnseite der Messrolle in den Messrollenkörper und/oder in das Mantelrohr hinein erstreckt. Die Ausnehmung kann stirnseitig mit einem Deckel verschlossen werden. Die jeweils stirnseitig vorgesehenen Zapfen dieser Messrolle sind an dem Messrollenkörper ausgeformt. Nachteilig an dieser Messrolle ist die Schwächung des Messrollenkörpers, bzw. des Mantelrohrs durch die eingebrachten Ausnehmungen. Bei breiten Messrollen ist auch wie beim Tieflochbohren hierbei das Überfahren des Lagerzapfens von großem Nachteil. Ein weiteres Problem ist das Verschließen der bis zur Stirnseite eingearbeiteten Kanäle/Nuten, da diese nicht wie bei der DE 102 07 501 C1 mit Bohrwerkzeuge (runde Kanäle), sondern mit Fräswerkzeuge (eckige Kanäle) hergestellt werden.

[0008] Die Messrollen des Standes der Technik ermitteln die Planheit des Bandes anhand von über den Umfang der Messrolle verteilten Einzelsensoren. Dabei werden die Messergebnisse der Einzelsensoren zur Ermittlung der Planheit bei der Auswertung häufig in Bezug zueinander gesetzt. Bei den Messrollen des Standes der Technik treten immer dann Messfehler auf, wenn das Metallband schwingt. Das ist beispielsweise der Fall, wenn die Messrolle in der Nähe eines Haspels angeordnet ist. Die Schwingung führt dazu, dass der Betrag der auf den einzelnen Kraftsensor wirkenden Kraft nicht mehr allein vom Bandzug und der Planheit des Bandes abhängt, sondern durch die Schwingung verstärkt oder gemindert wird. Dies führt gerade bei Auswertemethoden, die die Messergebnisse von über den Umfang verteilten Einzelsensoren ins Verhältnis zueinander setzen, zu Messfehlern.

[0009] Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, die Aussagekraft der mit derartigen Messrollen durchgeführten Untersuchungen der Eigenschaften des über die Messrolle geführten bandförmigen Guts zu erhöhen.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der Ansprüche 1, 8 und 9 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0011] Die Erfindung geht von dem Grundgedanken aus, in einer Ausnehmung des Messrollenkörpers der Messrolle einen ersten Kraftsensor neben einem zweiten Kraftsensor anzuordnen und die beiden Kraftsensoren so nahe beiein-

ander anzuordnen, dass entweder die Sensorfläche des ersten Kraftsensors an die Sensorfläche des zweiten Kraftsensors unmittelbar angrenzt oder der erste Kraftsensor so nah neben dem zweiten Kraftsensor angeordnet ist, dass der Winkel zwischen einer in Radialrichtung der Messrolle verlaufenden Endbegrenzungslinie, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensor am nächsten ist, und einer Linie, die

- in der Ebene verläuft, die die Endbegrenzungslinie und die Linie enthält, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, und
- die Endbegrenzungslinie im Schnittpunkt der Endbegrenzungslinie mit der Umfangsfläche schneidet, und
- den Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt,

kleiner als 65° ist. Alternativ geht die Erfindung von dem Grundgedanken aus, den ersten Kraftsensor in einer ersten Ausnehmung des Messrollenkörpers der Messrolle und den zweiten Kraftsensor in einer zur ersten Ausnehmung benachbarten zweiten Ausnehmung anzuordnen und die beiden Kraftsensoren so nahe beieinander anzuordnen, dass der Winkel zwischen einer in Radialrichtung der Messrolle verlaufenden Endbegrenzungslinie, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensor am nächsten ist, und einer Linie, die

- in der Ebene verläuft, die die Endbegrenzungslinie und die Linie enthält, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, und
- die Endbegrenzungslinie im Schnittpunkt der Endbegrenzungslinie mit der Umfangsfläche schneidet, und
- den Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt,

kleiner als 65° ist.

[0012] Es ist aus dem Stand der Technik bekannt, mehrere Kraftsensoren in einer Ausnehmung des Messrollenkörpers anzuordnen. DE 102 07 501 C1 lehrt in Spalte 3, Zeilen 1 und 2, mehrere Kraftsensoren in einer Ausnehmung mit Abstand voneinander anzuordnen. Die US 2013/0298625 A1 zeigt in ihrer Fig. 2 ebenfalls mehrere, beanstandet voneinander angeordnete Kraftsensoren. Die DE 10 2014 012 426 A1 lehrt in [0021], mehrere Kraftsensoren in einer Ausnehmung anzuordnen und konkretisiert diese Lehre in ihrer Fig. 2 dadurch, dass mehrere Kraftsensoren beabstandet voneinander in der Ausnehmung angeordnet sind. Dem Stand der Technik ist die allgemeine Lehre zu entnehmen, bei mehreren in einer Ausnehmung angeordneten Kraftsensoren diese deutlich beabstandet voneinander anzuordnen. Dem mag das Bestreben zugrundeliegen, die vorhandenen (wenigen) Kraftsensoren in der jeweiligen Ausnehmung möglichst breit zu verteilen, um die Messung über die durch die Länge der Ausnehmung vorgegebene mögliche Breite des Messfelds möglichst breit aufzustellen. Ferner mag dieser weit beabstandeten Anordnung der Kraftsensoren innerhalb der Ausnehmung der Gedanke zugrundeliegen, Fehlmessungen zu vermeiden. Bei der Messung einer radial auf den Messrollenkörper einer Messrolle wirkenden Kraft mittels eines Kraftsensors, der beabstandet von der Umfangsfläche des Messrollenkörpers in einer Ausnehmung des Messrollenkörpers angeordnet ist, besteht das Problem, dass die radial wirkende Kraft durch das Material des Messrollenkörpers, durch das sie hindurchdringen muss, um die Sensorfläche des Kraftsensors zu erreichen, gestreut wird. Dieses Phänomen wird als Spannungskegel oder "Rötscherkegel" bezeichnet. Dieser Effekt führt dazu, dass eine deutlich beabstandete Anordnung der Kraftsensoren voneinander innerhalb einer Ausnehmung bevorzugt wird. So kann vermieden werden, dass zwei benachbart zueinander angeordnete Kraftsensoren im Zuge der Planheitsmessung Messsignale liefern, die von einer einzigen an einem einzigen Punkt der Umfangsfläche des Messrollenkörpers einwirkenden Radialkraft verursacht werden und für einige Auswertemethoden des Standes der Technik eigentlich nur von dem einen der beiden Sensoren gemessen werden sollten.

[0013] Die Erfindung hat nun erkannt, dass sowohl innerhalb der Planheitsmessung von bandförmigem Gut, insbesondere von Metallband, aber auch bei der Feststellung anderer Eigenschaften eines über die Messrolle geführten bandförmigen Guts Vorteile erzielt werden, wenn ein erster Kraftsensor in der Ausnehmung so neben dem zweiten Kraftsensor angeordnet ist, dass entweder die Sensorfläche des ersten Kraftsensors an die Sensorfläche des zweiten Kraftsensors unmittelbar angrenzt oder der Winkel zwischen einer in Radialrichtung der Messrolle verlaufenden Endbegrenzungslinie, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensor am nächsten ist, und einer Linie, die

- in der Ebene verläuft, die die Endbegrenzungslinie und die Linie enthält, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche

des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, und
- die Endbegrenzungslinie im Schnittpunkt der Endbegrenzungslinie mit der Umfangsfläche schneidet, und
- den Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt,

kleiner als 65° ist.

[0014] Die Erfindung ermöglicht es, möglichst viele Kraftsensoren in einer Reihe anzuordnen. Damit kann die Zahl der Messstellen auf dem Umfang der Messrolle reduziert werden. Es ist sogar in einer bevorzugten Ausführungsform denkbar, alle Kraftsensoren, die zur Bestimmung der Eigenschaft, beispielsweise der Planheit notwendig sind, in einer einzigen axial verlaufenden Ausnehmung oder in einer einzigen Reihe von radial verlaufenden, nebeneinander angeordneten Bohrungen anzuordnen. Durch diese konzentrierte Anordnung der Einzelsensoren auf einer Linie wird der Einfluss von Schwingungen auf das Messergebnis reduziert. Alle derart angeordneten Sensoren sehen das bandförmige Gut im gleichen Schwingungszustand, so dass Relativaussagen präziser getroffen werden können. Dadurch wird die Aussagekraft der mit derartigen Messrollen durchgeführten Untersuchungen der Eigenschaften des über die Messrolle geführten bandförmigen Guts erhöht. Für die Messung der Planheit kann die erfindungsgemäße Anordnung der Kraftsensoren auch den Vorteil einer höheren Auflösung und genaueren Abbildung der tatsächlichen Planheit bieten.

[0015] Die erfindungsgemäße Messrolle weist einen Messrollenkörper auf. Vorzugsweise weist der Messrollenkörper eine geschlossene Umfangsfläche auf. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Messrollenkörper eine Vollrolle, die sich entlang einer Längsachse erstreckt. Unter einer Vollrolle wird ein Messrollenkörper verstanden, der einstückig ist und dessen Form entweder mit einem Urformverfahren, beispielsweise Gießen, hergestellt wurde und/oder dessen geometrische Form durch Trennverfahren, insbesondere durch Zerspanen, insbesondere durch Drehen, Bohren, Fräsen oder Schleifen aus einem einstückigen Halbzeug hergestellt wird. In einer bevorzugten Ausführungsform sind bei einem solchen als Vollrolle ausgebildeten Messrollenkörper auch die jeweils stirnseitig der Messrolle angeordneten Messrollenzapfen zur drehbaren Lagerung der Messrolle, beispielsweise in Kugellagern, Teil des einstückigen Körpers. Es sind jedoch auch Bauformen, wie sie beispielsweise Fig. 2 der DE 20 2014 006 820 U1 dargestellt werden, denkbar, bei denen der Hauptteil des Messrollenkörpers als zylinderförmige Vollrolle ausgeführt wird, die stirnseits angeordnete Deckel aufweist, an denen die Messrollenzapfen ausgeführt sind. Ferner kann der erfindungsgemäße Messrollenkörper beispielsweise wie der in Fig. 3 der DE 20 2014 006 820 U1 ausgeführte Messrollenkörper ausgebildet sein, bei dem der Messrollenkörper mit angeformten Zapfen ausgebildet ist und über den Messrollenkörper ein Mantelrohr aufgeschoben wird. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Messrolle jedoch kein Mantelrohr auf, sondern ist als Vollrolle ausgeführt. Es sind Ausführungsformen denkbar, bei denen der erfindungsgemäße Messrollenkörper aus einzelnen, nebeneinander angeordneten Scheiben gebildet wird, wie dies beispielsweise in DE 26 30 410 C2 gezeigt wird.

[0016] Der Messrollenkörper der erfindungsgemäßen Messrolle weist vorzugsweise eine geschlossene Umfangsfläche auf. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass der Messrollenkörper als Vollrolle ausgebildet wird und alle in dem Messrollenkörper vorgesehenen Ausnehmungen derart ausgebildet sind, dass keine Ausnehmung von der Ausnehmung zur Umfangsfläche führt. Bei einer solchen Ausführungsform werden die Ausnehmungen insbesondere bevorzugt axial geführt und weisen eine Öffnung an einer Stirnseite des Messrollenkörpers auf oder es werden Querkanäle innerhalb des Messrollenkörpers vorgesehen, die von der Ausnehmung aus radial weiter in das Innere des Messrollenkörpers führen, beispielsweise zu einem Sammelkanal in der Mitte des Messrollenkörpers. Eine geschlossene Umfangsfläche des Messrollenkörpers lässt sich ferner dadurch erzielen, dass bei Ausführungsformen, bei denen die jeweilige Ausnehmung eine in Richtung auf die Umfangsfläche führende Ausnehmung aufweist, diese durch ein Verschlusselement verschlossen werden. Ein derartiges Verschlusselement kann ein einen Grundkörper des Messrollenkörpers gesamthaft umgebendes Mantelrohr sein, wie beispielsweise in den Fig. 3 und 4 der DE 10 2014 012 426 A1 gezeigt. Das Verschlusselement kann jedoch auch nach Art der in DE 197 47 655 A1 gezeigten Abdeckung ausgebildet sein. In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Messrolle jedoch kein Mantelrohr auf, sondern ist als Vollrolle ausgeführt, entweder als solche, bei der keine Ausnehmung von der Ausnehmung zur Umfangsfläche führt, oder als solche, bei der die jeweilige Ausnehmung eine in Richtung auf die Umfangsfläche führende Ausnehmung ist, die aber durch ein Verschlusselement, wie beispielsweise eine Abdeckung, verschlossen wird. Zudem sind Beschichtungen, beispielsweise der Umfangsfläche einer Vollrolle oder der Umfangsfläche eines Mantelrohr denkbar, beispielsweise zur Reduktion der Reibung oder zum Schutz des über die Messrolle zu führenden bandförmigten Guts.

[0017] In dem Messrollenkörper der erfindungsgemäßen Messrolle ist mindestens eine Ausnehmung vorgesehen. Es hat sich gezeigt, dass die Vorzüge der Erfindung bereits mit einer einzigen Ausnehmung im Messrollenkörper erreicht werden können. So ist es bei der Planheitsmessung denkbar, eine Information über die Planheit des über die Messrolle geführten bandförmigen Guts einmal pro Umdrehung der Messrolle bereitzustellen.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Messrollenkörper mehrere Ausnehmungen auf. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Ausnehmungen im gleichen radialen Abstand zur Längsachse des Messrollenkörpers ausgeführt. In einer bevorzugten Ausführungsform sind alle Ausnehmungen in Umfangsrichtung äquidistant zueinander verteilt angeordnet. Es sind aber auch Ausführungsformen denkbar, bei denen eine erste Gruppe von Aus-

nehmungen vorgesehen ist, die insbesondere bevorzugt im gleichen radialen Abstand zur Längsachse und in Umfangsrichtung äquidistant verteilt angeordnet sind, und bei dem zusätzlich zu dieser ersten Gruppe von Ausnehmungen zumindest eine weitere Ausnehmung vorgesehen ist, die entweder bezüglich ihres radialen Abstands zur Längsachse anders ausgeführt ist, als die Ausnehmungen der ersten Gruppe und/oder nicht den gleichen Abstand in Umfangsrichtung zu den übrigen Ausnehmungen aufweist, wie die übrigen Ausnehmung zueinander aufweisen. So ist es beispielsweise denkbar, eine Messrolle hinsichtlich der Planheitsmessung so auszuführen, wie eine Messrolle des Standes der Technik, beispielsweise wie die aus DE 102 07 501 bekannte Vollrolle oder die aus DE 10 2014 012 426 A1 bekannten Messrollen, um dann aber für die erfindungsgemäße Ausstattung diese Messrollen des Standes der Technik mit einer weiteren, außerhalb des Rasters ausgeführten Ausnehmung zu versehen, mit der beispielsweise eine andere Messung durchgeführt wird. Vorzugsweise sind die in diesem Absatz genannten Ausnehmungen solche, die in Axialrichtung des Messrollenkörpers verlaufen. Es sind auch Ausführungsformen denkbar, bei der die Messrolle eine einzige Ausnehmung aufweist und alle Kraftsensoren der Messrolle in einer einzigen Ausnehmung, beispielsweise in einer einzigen axial verlaufenden Ausnehmung angeordnet sind.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Messrollenkörper eine geschlossene Umfangsfläche auf und wird stirnseitig jeweils durch eine Stirnseite abgeschlossen. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Stirnseiten im Winkel von 90° zur Umfangsfläche angeordnet.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Messrolle Lagerzapfen auf. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Lagerzapfen bei Ausführungsformen der Messrolle mit Stirnseiten die Lagerzapfen an den Stirnseiten ausgebildet.

[0021] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Messrollenkörper zylinderförmig ausgeführt.

[0022] Die erfindungsgemäße Messrolle ist in einer ersten Variante der Erfindung mit mindestens einer Ausnehmung in dem Messrollenkörper ausgeführt, die beabstandet zu der Umfangsfläche angeordnet ist, wobei die Ausnehmung sich nicht zur Umfangsfläche hin öffnet, bzw. keine von der Ausnehmung fortführende weitere Ausnehmung, beispielsweise keine Bohrung zur Umfangsfläche führt. In einer zweiten Variante der Erfindung führt die Ausnehmung von der Umfangsfläche in das Innere des Messrollenkörpers, ist aber durch ein Verschlusselement verschlossen. In einer bevorzugten Ausführungsform sind bei den Ausführungsformen, in denen die Messrolle mit mehreren Ausnehmungen in dem Messrollenkörper ausgeführt ist, die beabstandet zu den Umfangsflächen angeordnet sind, entweder alle Ausnehmungen derart ausgeführt, dass keine Ausnehmung, bspw. keine Bohrung von der Ausnehmung zur Umfangsfläche führt (und auch nicht die Ausnehmung selbst in die Umfangsfläche mündet), oder es sind einige Ausnehmungen derart ausgeführt, dass keine Ausnehmung von der jeweiligen Ausnehmung zur Umfangsfläche führt, während bei anderen Ausnehmungen eine in Richtung auf die Umfangsfläche führende Ausnehmung vorgesehen ist, die aber durch ein Verschlusselement verschlossen ist. Das Verschlusselement ist - wie vorstehend ausgeführt - eine Abdeckung oder beispielsweise ein Mantelrohr.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich eine Ausnehmung des Messrollenkörpers in eine Richtung parallel zur Längsachse des Messrollenkörpers. Sind gemäß einer bevorzugten Ausführungsform mehrere Ausnehmungen in dem Messrollenkörper vorgesehen, so ist es bevorzugt, dass alle Ausnehmungen des Messrollenkörpers sich jeweils in eine Richtung parallel zur Längsachse des Messrollenkörpers erstrecken. In einer bevorzugten Ausführungsform mündet die jeweilige Ausnehmung zumindest an einem ihrer Enden, vorzugweise an beiden ihrer Enden an einer Stirnfläche des Messrollenkörpers. Eine an einer Stirnseite eines Messrollenkörpers endende Ausnehmung kann durch eine Endkappe verschlossen sein, wobei diese Endkappe nur diese Ausnehmung verschließt. Ebenso sind Ausführungsformen denkbar, bei denen die Stirnseite des Messrollenkörpers durch einen Deckel gesamthaft verschlossen wird, wie beispielsweise in Fig. 1 und 2, bzw. Fig. 4 der DE 10 2014 012 426 A1 gezeigt.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Ausnehmung langgestreckt ausgeführt, wobei unter "langgestreckt" verstanden wird, dass die Ausnehmung in eine erste Richtung (in die Längsrichtung der Ausnehmung) größer ist als in irgendeine senkrecht zu dieser Richtung stehenden Richtung. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Erstreckung der langgestreckten Ausnehmung in Längsrichtung um das Zweifache oder insbesondere bevorzugt um mehr als das Zweifache größer als in irgendeine senkrecht zu dieser Richtung stehende Richtung. In einer bevorzugten Ausführungsform schließt die Längsrichtung der Ausnehmung mit der Längsrichtung des Messrollenkörpers einen Winkel ein, der kleiner ist als 75°, insbesondere bevorzugt <45°, insbesondere bevorzugt <30°, insbesondere bevorzugt <10°, insbesondere bevorzugt <5° ist. In einer bevorzugten Ausführungsform steht die Längsrichtung der Ausnehmung nicht senkrecht zur Längsachse des Messrollenkörpers. Sollten sich - was in einer Ausführungsform denkbar wäre - die Längsachse der Ausnehmung und die Längsachse des Messrollenkörpers nicht schneiden, so gilt die vorstehend genannte Auslegungsregel für die Projektion der Längsachse der Ausnehmung auf die Ebene, die die Längsachse des Messrollenkörpers enthält. Bei diesen Ausführungsformen ist demnach die Projektion der Längsachse der Ausnehmung auf eine Ebene, die die Längsachse des Messrollenkörpers enthält, derart ausgeführt, dass die Projektion der die Längsrichtung der Ausnehmung mit der Längsrichtung des Messrollenkörpers einen Winkel einschließt, der kleiner ist als 75°, insbesondere bevorzugt <45°, insbesondere bevorzugt <30°, insbesondere bevorzugt <10°, insbesondere bevorzugt <5° ist. In den bevorzugten Ausführungsformen, in denen sich die Ausnehmung parallel zur Längsachse des

Messrollenkörpers erstreckt, schneidet die Längsachse der Ausnehmung offensichtlich die Längsachse des Messrollenkörpers nicht, ebenso wenig wie eine Projektion der Längsachse auf eine Ebene, die die Längsachse des Messrollenkörpers enthält, die Längsachse des Messrollenkörpers nicht schneidet. In DE 20 2007 001 066 U1 wird beispielsweise eine Messrolle mit langgestreckt ausgeführten Ausnehmungen gezeigt.

[0025] In anderen bevorzugten Ausführungsformen sind die Ausnehmungen nicht langgestreckt sondern als radial verlaufende Taschen ausgeführt, wie sie beispielsweise in DE 198 38 457 A1 dargestellt sind. Bei diesen Ausführungsformen können die radial verlaufenden Ausnehmungen in ihrem Querschnitt entweder so groß ausgeführt sein, dass sie zwei Kraftsensoren aufnehmen können, beispielsweise wenn der Querschnitt die Form der Zahl 8 hat. Alternativ kann bei diesen Ausführungsformen jeweils ein Kraftsensor pro Ausnehmung vorgesehen sein, wobei aber die Ausnehmungen derart nah bei einander angeordnet sind, dass der Winkel zwischen einer in Radialrichtung der Messrolle verlaufenden Endbegrenzungslinie, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensor am nächsten ist, und einer Linie, die

- in der Ebene verläuft, die die Endbegrenzungslinie und die Linie enthält, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, und
- die Endbegrenzungslinie im Schnittpunkt der Endbegrenzungslinie mit der Umfangsfläche schneidet, und
- den Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt,

kleiner als 65° ist.

[0026] In bevorzugten Ausführungsform sind in einer Ausnehmung (wenn die Messrolle nur eine Ausnehmung aufweist: in der Ausnehmung) der Messrolle ein erster Kraftsensor und ein zweiter Kraftsensor angeordnet. Der erste Kraftsensor weist eine Sensorfläche auf, wobei der Kraftsensor bei einer Änderung der Lage der Sensorfläche des ersten Kraftsensors ein Sensorsignal erzeugen kann. Ferner weist der zweite Kraftsensor eine Sensorfläche auf, wobei der zweite Kraftsensor bei einer Änderung der Lage der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors ein Sensorsignal erzeugen kann. Kraftsensoren werden als Kraftsensor bezeichnet, weil sie dazu eingesetzt werden, Kräfte, insbesondere bevorzugt Druckkräfte zu messen. Um die auf sie wirkende Kraft zu messen, sind die Kraftsensoren derart ausgeführt, dass sie eine Sensorfläche aufweisen und bei einer Änderung der Lage der Sensorfläche ein Sensorsignal erzeugen können. Die Kraftsensor weisen meist ein ihnen zugehöriges Bezugsystem auf und reagieren auf Änderungen der Lage der Sensorfläche in diesem Bezugsystem. Häufig weisen Kraftsensorem ein Gehäuse auf. Das Bezugsystem ist dann häufig das Gehäuse. Der Kraftsensor kann bei einer solchen Ausführungsform beispielsweise feststellen, ob sich die Lage der Sensorfläche relativ zu dem Gehäuse geändert hat. Ist der Kraftsensor beispielsweise als piezoelektrischer Kraftsensor ausgeführt, so weist er einen Piezo-Quarz auf, der ein elektrisches Signal erzeugen kann, wenn die Lage einer seiner Oberflächen relativ zu einer Bezugsfläche, beispielsweise einer gegenüberliegenden Oberfläche des Piezo-Quarz geändert wird, der Piezo-Quarz beispielsweise zusammengedrückt wird. Bei einem als Dehnungsmessstreifen ausgeführten Kraftsensor wird durch eine Lageänderung der Oberfläche des Kraftsensors die Länge des Messdrahts, bzw. des aus Messdrähten gebildeten Messgitters geändert, meist gestreckt, teilweise aber auch gestaucht. Bei einem als optischen Kraftsensor ausgestalteten Kraftsensor werden die optischen Eigenschaften des Kraftsensors, beispielsweise der Brechungsindex oder Reflektionseigenschaften durch die Lageränderung der Oberfläche geändert.

[0027] Die erfindungsgemäß einzusetzenden Kraftsensoren weisen eine Sensorfläche auf, deren Lageänderung der Kraftsensor zur Bestimmung einer auf ihn wirkenden Kraft beobachtet. Es sind Ausführungsformen denkbar, bei denen die Sensorfläche eine Oberfläche des Elements ist, dessen Eigenschaften zur Erzeugung des Sensorsignals geändert werden, beispielsweise eine Oberfläche des Piezo-Quarzes selbst. Häufig sind bei derartigen Kraftsensoren jedoch Zwischenstücke vorgesehen, an denen die Sensorfläche ausgebildet ist. Häufig sind derartige Zwischenstücke starre Blöcke, bei denen eine Veränderung der Lage der einen Oberfläche des starren Blocks aufgrund der Starrheit des Blocks unmittelbar zu einer Veränderung der Lage der gegenüberliegenden Fläche führt. Derartige Zwischenstücke können dazu eingesetzt werden, die Sensorfläche von übrigen Teilen des Kraftsensors, insbesondere von einem Gehäuse überstehend auszubilden. Durch eine gegenüber anderen Teilen des Kraftsensors überstehende Sensorfläche wird die Messgenauigkeit erhöht, weil eine klar definierte Fläche geschaffen wird, auf die die Umgebung einwirken kann. Durch überstehende Sensorflächen können beispielsweise Messfehler durch Kraftnebenschluss verhindert werden. Der erfindungsgemäße Kraftsensor kann beispielsweise wie der in DE 1 773 551 A1 gezeigte Kraftsensor ausgeführt sein und ein in einem Gehäuse angeordnetes, aus einer mehrschichtigen Kristallanordnung bestehendes Piezoelement aufweisen, das zwischen zwei Kraftübertragungsscheiben angeordnet ist. Bei einer solchen Ausführungsform wäre die Sensorfläche die Außenoberfläche der in Fig. 1 der DE 1 773 551 A1 oberen Kraftübertragungsscheibe oder die Außenoberfläche der in Fig. 1 der DE 1 773 551 A1 unteren Kraftübertragungsscheibe.

[0028] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Sensorfläche eben ausgeführt. In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Flächennormale der ebenen Sensorfläche des ersten Kraftsensors in Richtung auf die Umfangs-

fläche. Die Flächennormale der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors ist in einer bevorzugten Ausführungsform ebenfalls eben ausgeführt und weist in einer bevorzugten Ausführungsform ebenfalls in Richtung auf die Umfangsfläche. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Flächennormale der Sensorfläche des ersten Kraftsensors parallel zur Flächennormale der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors. In einer bevorzugten Ausführungsform ist eine Radialrichtung des Messrollenkörpers eine Flächennormale der Sensorfläche des ersten und/oder des zweiten Kraftsensors.

[0029] In einer bevorzugten Ausführungsform steht die Flächennormale einer eben ausgeführten Sensorfläche an dem Punkt der Sensorfläche, an dem die Sensorfläche von einer Radialen des Messrollenkörpers geschnitten wird, in einem Winkel zu dieser Radialen des Messrollenkörpers, der kleiner ist als 45°, insbesondere bevorzugt kleiner als 20°, insbesondere bevorzugt kleiner als 10°, insbesondere bevorzugt kleiner als 5° ist.

[0030] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Sensorfläche eines in der erfindungsgemäßen Messrolle eingesetzten Kraftsensors, insbesondere des ersten Kraftsensors und/oder des zweiten Kraftsensors eine ebene Fläche.

[0031] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Sensorfläche des ersten Kraftsensors symmetrisch bezüglich der Ebene ausgeführt, die die Längsachse des Messrollenkörpers enthält und die die Sensorfläche des Kraftsensors schneidet und in der auch eine Flächennormale der Sensorfläche liegt.

[0032] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Sensorfläche ringförmig, insbesondere kreisringförmig ausgeführt. Ebenso bevorzugt werden Ausführungsformen, bei denen die Sensorfläche kreisförmig oder elliptisch ausgeführt ist. Auch sind rechteckige, quadratische oder polygone Sensorflächen denkbar. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Sensorfläche eben ausgeführt.

[0033] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Sensorfläche eine von übrigen Elementen des Kraftsensors hervorgehobene Fläche, die im Kontakt mit einer Begrenzungsfläche der Ausnehmung steht, bzw. die im Kontakt mit einem die Ausnehmung zur Umfangsfläche hin verschließenden Verschlusselement steht.

[0034] In einer bevorzugten Ausführungsform sind zumindest zwei in der erfindungsgemäßen Messrolle eingesetzten Kraftsensoren, insbesondere bevorzugt die Mehrzahl der in der erfindungsgemäßen Messrolle eingesetzten Kraftsensoren, insbesondere bevorzugt alle in der erfindungsgemäßen Messrolle eingesetzten Kraftsensoren gleichartig ausgeführt, mithin vom gleichen Typ und insbesondere von der gleichen Baureihe, insbesondere bevorzugt identisch aufgebaut.

[0035] Gemäß einer ersten Alternativen der erfindungsgemäßen Messrolle ist der erste Kraftsensor in der Ausnehmung neben dem zweiten Kraftsensor angeordnet. Das bedeutet, dass die Sensorfläche des ersten Kraftsensors näher zu einer Stirnseite des Messrollenkörpers angeordnet ist, als die Sensorfläche des zweiten Kraftsensors. Es ist denkbar, dass der erste Kraftsensor in der Ausnehmung in Umfangsrichtung versetzt zu dem zweiten Kraftsensor angeordnet ist. In einer bevorzugten Ausführungsform sind der erste Kraftsensor und der zweite Kraftsensor in Umfangsrichtung jedoch nicht versetzt zueinander angeordnet.

[0036] In einer bevorzugten Ausführungsform sind der erste Kraftsensor und der zweite Kraftsensor im gleichen radialen Abstand zur Längsachse des Messrollenkörpers angeordnet.

[0037] Bei der erfindungsgemäßen Messrolle ist vorgesehen, dass entweder die Sensorfläche des ersten Kraftsensors an die Sensorfläche des zweiten Kraftsensors unmittelbar angrenzt oder dass der erste Kraftsensor so nah neben dem zweiten Kraftsensor angeordnet ist, dass der Winkel zwischen einer in Radialrichtung der Messrolle verlaufenden Endbegrenzungslinie, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten ist, und einer Linie, die

- in der Ebene verläuft, die die Endbegrenzungslinie und die Linie enthält, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, und
- die Endbegrenzungslinie im Schnittpunkt der Endbegrenzungslinie mit der Umfangsfläche schneidet, und
- den Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt,

kleiner als 65° ist.

[0038] Von den beiden vorstehend genannten erfindungsgemäßen Alternativen ist insbesondere die bevorzugt, bei der die Sensorfläche des ersten Kraftsensors an die Sensorfläche des zweiten Kraftsensors unmittelbar angrenzt. Beispielsweise würde bei kreisförmigen oder kreisringförmigen Sensorflächen somit ein auf dem Umfang der kreisförmig oder kreisringförmig ausgeführten ersten Sensorfläche liegender Punkt an einem auf dem Umfang der kreisförmig oder kreisringförmig ausgeführten zweiten Sensorfläche liegenden Punkt angrenzen. In einer solchen Ausgestaltung der Erfindung könnten die auf den Umfang der Messrolle wirkenden Radialkräfte lückenlos gemessen werden. Es steht aber zu erwarten, dass eine derartige Anordnung zu einem Kraftnebenschluss führt und Bewegungen der ersten Sensorfläche aufgrund von auf die erste Sensorfläche wirkenden Kräften zu Bewegungen der zweiten Sensorfläche führen, beispielsweise durch Reibung an den Umfangsrändern der Sensorflächen. Ein Kraftnebenschluss könnte nur verhindert werden, wenn die Umfangsflächen der Sensorflächen so glatt ausgeführt sind, dass keine Reibkräfte übertragen werden.

Es ist deshalb davon auszugehen, dass die Sensorflächen in der praktisch relevanten Umsetzung hauptsächlich leicht beabstandet zueinander angeordnet werden, um die Messergebnisse der jeweiligen Sensorfläche nicht durch Belastungen einer benachbarten Sensorfläche zu beeinflussen.

[0039] In der anderen erfindungsgemäßen Alternative sind die Sensorflächen zwar beabstandet voneinander angeordnet, aber so nah beieinander, dass der Winkel zwischen einer in Radialrichtung der Messrolle verlaufenden Endbegrenzungslinie, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten ist, und einer Linie, die

- in der Ebene verläuft, die die Endbegrenzungslinie und die Linie enthält, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, und
- die Endbegrenzungslinie im Schnittpunkt der Endbegrenzungslinie mit der Umfangsfläche schneidet, und
- den Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt,

kleiner als 65° ist.

[0040] Die erfindungsgemäß beanspruchte Auslegungsregel geht von einer radial verlaufenden Endbegrenzungslinie aus. Die Messrolle wird im praktischen Einsatz regelmäßig für das Messen von radial wirkenden Kräften eingesetzt werden. Diese Kräfte treten auf, wenn das zu untersuchende bandförmige Gut die Messrolle teilweise umschlingt. Die Endbegrenzungslinie legt durch den Punkt, in dem sie die Umfangsfläche schneidet, den Punkt fest, an dem eine radial wirkende Kraft noch gerade oberhalb der Sensorfläche des einen Kraftsensors liegt; und sei es bei einer kreisförmig oder kreisringförmig ausgeführten Sensorfläche auch nur oberhalb eines an dem Umfang der Sensorfläche liegenden Punkts.

[0041] Ausgehend von dieser Endbegrenzungslinie legt die Erfindung den Abstand zur benachbarten Sensorfläche über die Winkellage einer Linie fest, die

- in der Ebene verläuft, die die Endbegrenzungslinie und die Linie enthält, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, und
- die Endbegrenzungslinie im Schnittpunkt der Endbegrenzungslinie mit der Umfangsfläche schneidet, und
- den Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt.

[0042] Erfindungsgemäß ist der Winkel zwischen diesen Linien kleiner als 65°, insbesondere bevorzugt kleiner als 55° und besonders bevorzugt kleiner oder gleich 45°, besonders bevorzugt kleiner oder gleich 40°, besonders bevorzugt kleiner oder gleich 35°, besonders bevorzugt kleiner oder gleich 30°, besonders bevorzugt kleiner oder gleich 20°, besonders bevorzugt kleiner oder gleich 10°, besonders bevorzugt kleiner oder gleich 5°.

[0043] Erfindungsgemäß sind somit auch Ausführungsformen vorgesehen, bei denen Teile der zweiten Sensorfläche innerhalb des "Rötscherkegel" liegen, der von einer radial wirkenden Kraft ausgeht, die im Schnittpunkt der Endbegrenzungslinie und der Umfangsfläche auf die Umfangsfläche wirkt.

[0044] In einer bevorzugten Ausführungsform verläuft die Linie, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, parallel zur Längsachse der Messrolle. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn der erste Kraftsensor und der zweite Kraftsensor in einer langgestreckten Ausnehmung angeordnet sind und die Richtung der Längserstreckung der Ausnehmung parallel zur Längsachse der Messrolle verläuft. Es sind jedoch auch Ausführungsformen denkbar, bei denen der erste Kraftsensor in einer ersten radialen Ausnehmung, vorzugsweise einer Tasche, angeordnet ist, und der zweite Kraftsensor in einer zweiten radialen Ausnehmung, vorzugsweise einer Tasche angeordnet ist. Bei einer solchen Ausführungsform kann die Linie, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, ebenfalls parallel zur Längsachse der Messrolle verlaufen. Es sind jedoch auch Ausführungsformen denkbar, bei denen die radiale Ausnehmung des ersten Kraftsensors axial (in Richtung der Längsachse der Messrolle) und in Umfangrichtung der Messrolle versetzt zur radialen Ausnehmung des zweiten Kraftsensors angeordnet ist. In solchen Ausführungsformen würde die Linie, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, nicht parallel zur Längsachse der Messrolle verlaufen. Eine solche Ausrichtung der Linie ist auch bei langgestreckten Ausnehmungen gegeben, deren Längserstreckung nicht parallel zur Längsachse des Messrollenkörpers verläuft, sondern auch eine in Umfangsrichtung weisende

Komponente hat.

[0045] In einer bevorzugten Ausführungsform verläuft die Linie, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, in einem Winkel zu einer Ebene, die senkrecht zur Längsachse der Messrolle steht, vorzugsweise in einem Winkel von >1°, insbesondere bevorzugt in einem Winkel von >5°, insbesondere bevorzugt in einem Winkel von >10°, insbesondere bevorzugt in einem Winkel von >15°, insbesondere bevorzugt in einem Winkel von >20°, insbesondere bevorzugt in einem Winkel von >25°, insbesondere bevorzugt in einem Winkel von >30°, insbesondere bevorzugt in einem Winkel von >45°. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Winkel $\leq 90°$. Ist der Winkel gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform 90°, so verläuft die Linie, die die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, parallel zur Längsachse der Messrolle. In einer bevorzugten Ausführungsform liegen der Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, und der Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, nicht in Umfangsrichtung hintereinander.

[0046] Die erfindungsgemäße Erkenntnis lässt sich für Ausführungsformen, bei denen die Sensorfläche an der Ausnehmungsbegrenzungsfläche anliegt, die der Umfangsfläche des Messrollenkörpers am nächsten liegt, auch in Abhängigkeit der Höhe des Stegs ausdrücken, wobei als Steg das Material zwischen der Umfangsfläche des Messrollenkörpers und der Ausnehmungsbegrenzungsfläche, die der Umfangsfläche des Messrollenkörpers am nächsten liegt, verstanden wird. Steghöhen können bei mehr als 2 mm, vorzugsweise bei 5 mm oder mehr liegen und liegen vorzugsweise bei weniger als 20 mm, vorzugsweise bei weniger als 15 mm und insbesondere bevorzugt bei gleich oder weniger als 12 mm. In einer alternativen Ausdrucksweise der erfindungsgemäßen Erkenntnis ist der Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensor am nächsten liegt, um weniger als das 2,2-fache der Steghöhe entfernt von dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, vorzugsweise um weniger als das 2-fache, insbesondere bevorzugt um gleich oder weniger als das 1-fach der Steghöhe.

[0047] In einer bevorzugten Ausführungsform sind der erste Kraftsensor und der zweite Kraftsensor in einer Ausnehmung angeordnet, die von der einen Stirnseite des Messrollenkörpers zur gegenüberliegenden Stirnseite des Messrollenkörpers führt. In einer alternativen Bauform führt die Ausnehmung, in der sich der erste Kraftsensor und der zweite Kraftsensor befinden, in Richtung parallel zur Längsachse des Messrollenkörpers und erstreckt sich über mindestens 50%, insbesondere bevorzugt mindestens 60%, insbesondere bevorzugt mindestens 75%, insbesondere bevorzugt mindestens 80%, insbesondere bevorzugt mindestens 90%, insbesondere bevorzugt mindestens 95% der Länge des Messrollenkörpers, wie sie sich ergibt, wenn man sie von Stirnseite zu Stirnseite misst (also ohne Berücksichtigung der Zapfen).

[0048] In der Ausführungsform, bei denen die Messrolle mehrere Ausnehmungen aufweist, sind Ausführungsformen denkbar, bei denen alle Ausnehmungen gleichartig ausgeführt sind, also zueinander parallele Längserstreckungen aufweisen und gleiche Längen aufweisen. In einer alternativen Ausführungsform ist es denkbar, eine Messrolle mit mehreren Ausnehmungen derart auszuführen, dass zumindest eine Ausnehmung die vorstehende Auslegungsregel erfüllt, also sich über mindestens 50%, insbesondere bevorzugt mindestens 60%, insbesondere bevorzugt mindestens 75%, insbesondere bevorzugt mindestens 80%, insbesondere bevorzugt mindestens 90%, insbesondere bevorzugt mindestens 95% der Länge des Messrollenkörpers, wie sie sich ergibt, wenn man sie von Stirnseite zu Stirnseite misst (also ohne Berücksichtigung der Zapfen) erstreckt, während es für die anderen Ausnehmungen denkbar ist, dass diese kürzer ausgeführt sind. Fig. 5 der DE 102 07 501 C1 zeigt eine Möglichkeit, die Tiefe der Ausnehmungen helixförmig zu staffeln. Eine solche Ausführungsform könnte hinsichtlich der Wahl der Längen der Ausnehmungen so ergänzt werden, dass eine der dort gezeigten axial verlaufenden Ausnehmungen derart ausgeführt wird, dass sie von einer Stirnseite bis zur gegenüberliegenden Stirnseite der Messrolle verläuft.

[0049] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Ausnehmung eine Öffnung auf, die an einer Stirnseite des Messrollenkörpers angeordnet ist. Diese Ausnehmung kann offenstehend ausgeführt sein. Es sind jedoch auch Bauformen denkbar, bei denen die Ausnehmung durch einen Deckel verschlossen wird. Bei mehreren Ausnehmungen, die an der Stirnseite münden, hätte in dieser Ausführungsform jede Ausnehmung einen eigenen Deckel. Auch sind Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Messrolle, insbesondere bei solchen Ausführungsformen, bei denen die Messrolle mehrere Ausnehmungen aufweist, denkbar, bei denen der Messrollenkörper einen stirnseitigen Deckel zum gemeinsamen Verschließen der Öffnungen der Ausnehmungen aufweist, beispielsweise einen Deckel, wie er in Fig. 1 oder Fig. 2 der DE 10 2014 012 426 A1 gezeigt wird. Ebenso ist es denkbar, insbesondere für Ausführungsformen, bei denen die Messrolle mehrere Ausnehmungen aufweist, die jeweils Öffnungen aufweisen, die an einer Stirnseite des Messrollenkörpers angeordnet sind, diese Öffnungen mit einem stirnseitigen Deckel zu verschließen, wie er beispielsweise in Fig. 1 der DE 102 07 501 C1 gezeigt wird.

[0050] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Messrolle eine Vielzahl von Kraftsensoren auf, die alle in einer

Ausnehmung angeordnet sind. Insbesondere bevorzugt sind mehr als 5, besonders bevorzugt mehr als 7, besonders bevorzugt mehr als 10, besonders bevorzugt mehr als 15 Kraftsensoren in einer Ausnehmung angeordnet.

[0051] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Messrolle eine erste Ausnehmung auf, in der eine Vielzahl von Kraftsensoren nebeneinander angeordnet sind, insbesondere bevorzugt sind mehr als 5, besonders bevorzugt mehr als 7, besonders bevorzugt mehr als 10, besonders bevorzugt mehr als 15 Kraftsensoren in der ersten Ausnehmung angeordnet, während die Messrolle diese Ausführungsform weitere Ausnehmungen ausweist, in denen jeweils nur ein einziger Kraftsensor oder weniger als 15, besonders bevorzugt weniger als 10, besonders bevorzugt weniger als 7, besonders bevorzugt weniger als 5 Kraftsensoren angeordnet sind.

[0052] In einer bevorzugten Ausführungsform der Messrolle, in der eine Vielzahl von Kraftsensoren in einer Ausnehmung angeordnet sind, sind die Kraftsensoren äquidistant über die Länge der Ausnehmung verteilt, zumindest aber äquidistant zueinander verteilt (für Ausführungsformen, bei denen der Abstand des letzten Kraftsensors zum Ende der Ausnehmung nicht dem Abstand entspricht, den dieser letzte Kraftsensor zu seinem benachbarten (vorletzten) Kraftsensor aufweist). Es sind jedoch auch Ausführungsformen denkbar, bei denen eine erste Gruppe von Kraftsensoren äquidistant zueinander angeordnet ist und eine zweite Gruppe von Kraftsensoren in anderem Abstand zu den Kraftsensoren dieser ersten Gruppe angeordnet sind, wobei die Kraftsensoren der zweiten Gruppe wiederum zueinander äquidistant angeordnet sein können. So lässt sich innerhalb der Ausnehmung eine Zone schaffen, innerhalb der die Kraftsensoren näher zueinander angeordnet sind, während die des Weiteren vorgesehenen Kraftsensoren außerhalb dieser Zone weiter beabstandet voneinander angeordnet sind.

[0053] Ausführungsformen mit einer Vielzahl von Kraftsensoren können auch bei dem erfindungsgemäßen Grundtypus der Messrolle umgesetzt werden, bei dem die Kraftsensoren in Taschen angeordnet sind. Bei einer solchen Ausführungsform wird eine Vielzahl von Taschen nebeneinander angeordnet, insbesondere bevorzugt werden mehr als 5, besonders bevorzugt mehr als 7, besonders bevorzugt mehr als 10, besonders bevorzugt mehr als 15 derart angeordnet, dass der jeweils eine in der jeweiligen Tasche angeordnete Kraftsensor derart nah an einem benachbarten, in einer benachbarten Tasche angeordneten Kraftsensor ist, dass der Winkel zwischen einer in Radialrichtung der Messrolle verlaufenden Endbegrenzungslinie, die den Punkt der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des ihm benachbarten Kraftsensor am nächsten ist, und einer Linie, die

- in der Ebene verläuft, die die Endbegrenzungslinie und die Linie enthält, die den Punkt der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors, der der Sensorfläche des benachbarten Kraftsensor am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des benachbarten Kraftsensors, der der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, und
- die Endbegrenzungslinie im Schnittpunkt der Endbegrenzungslinie mit der Umfangsfläche schneidet, und
- den Punkt der Sensorfläche des ihm benachbarten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors am nächsten liegt,

kleiner als 65° ist. In einer bevorzugten Ausführungsform wird diese Auslegungsregel von allen Kraftsensoren dieser Messrolle erfüllt. In einer alternativen Ausführungsform wird diese Auslegungsregel von einigen, vorzugweise der Mehrzahl der Kraftsensoren der Messrolle erfüllt, während weitere Taschen mit darin angeordneten Kraftsensoren vorgesehen sind, die diese Auslegungsregel nicht erfüllen. Für die Taschen, deren Kraftsensoren die Auslegungsregel erfüllen, ist es bevorzugt, wenn diese Taschen in einer Linie angeordnet sind, nämlich die Mittelpunkte der Taschen auf einer Linie angeordnet sind. Diese Linie verläuft vorzugsweise parallel zur Längsachse des Messrollenkörpers oder helixförmig um die Längsachse des Messrollenkörpers. Für die Taschen, deren Kraftsensoren die Auslegungsregel erfüllen, ist es in einer Alternative bevorzugt, dass die Taschen versetzt zueinander angeordnet sind, so dass die jeweils übernächste Tasche mit der jeweiligen Tasche auf einer Linie liegt, während die nächste Tasche versetzt zur jeweiligen Tasche angeordnet und vorzugsweise auf einer Linie mit der zu ihr übernächsten Tasche angeordnet ist. Durch diese Anordnung kann die Packung der Taschen erhöht werden.

[0054] In einer bevorzugten Ausführungsform werden die Kraftsensoren in der Ausnehmung verkeilt. Dadurch können sie in einer besonders bevorzugten Ausführungsform mit einer vordefinierten Vorspannung belastet werden. Sie werden durch das Verkeilen also nicht nur in ihrer Position innerhalb der Ausnehmung fixiert, sondern können zudem mit Vorspannkräften belastet werden. Das Belasten mit Vorspannkräften ist bevorzugt, da sich beim Einsatz der Messrolle im normalen Betrieb die Einbaubedingungen für den Kraftsensor unter den verschiedenen Betriebsbedingungen, wie z.B. durch Temperaturänderung, ändern können. Deshalb ist es bevorzugt, dass die Kraftsensoren beim Einbau in die Ausnehmungen mit einer Vorspannkraft beaufschlagt werden, die so hoch ist, dass im Betriebseinsatz unter allen Betriebseinflüssen die Kraftverbindung zwischen Kraftsensor und Ausnehmungswandung erhalten bleibt, damit eine hysteresefreie und lineare Messung gewährleistet ist.

[0055] Die Kraftsensoren sollten in einer bevorzugten Ausführungsform in den Ausnehmungen fixiert, nämlich verkeilt, und bevorzugt auch durch die Verkeilung verspannt sein. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Verkeilung derart ausgeführt, dass eine Vorspannung auf den Kraftsensor ausgeübt wird. Diese Vorspannung ist insbesondere bevorzugt

so gewählt, dass im Betriebseinsatz unter allen Betriebseinflüssen die Kraftverbindung zwischen Kraftsensor und Ausnehmungswandung erhalten bleibt, damit eine hysteresefreie und lineare Messung gewährleistet ist.

[0056] Treten beim Verspannen unterschiedliche Vorspannungen auf, lassen sich diese ohne weiteres messtechnisch kompensieren. Andererseits lässt sich die Vorspannung jedoch auch bewusst dosieren, um Fertigungstoleranzen sowohl der Kraftsensoren als auch der Ausnehmungen auszugleichen. Dabei können Kraftsensoren mit planparallelen Flächen zwischen keilförmigen Haltestücken, beispielsweise Spannkeilen angeordnet sein, die solange gegeneinander bewegt werden, bis der Kraftsensor unverrückbar zwischen den Haltestücken eingeklemmt ist.

[0057] Eines der beiden Haltestücke ist normalerweise dort, wo der Kraftsensor platziert werden soll, ortsfest in der Ausnehmung angeordnet, während das andere Haltestück zum Fixieren des Kraftsensors in der Ausnehmung verschoben wird. Dies kann mit Hilfe einer Spannschraube geschehen, die sich am Messrollenkorpus abstützt und über eine Distanzhülse auf das bewegliche Haltestück wirkt.

[0058] Besonders günstig ist die Anordnung mehrerer Kraftsensoren in radial beweglichen Schiebestücken, die mit Hilfe einer Keilleiste in der Ausnehmung fixiert werden. Die Schiebestücke können in einer Distanzleiste angeordnet sein und mit Hilfe keilförmiger Haltenasen einer Spannleiste radial nach außen gedrückt und so in den Ausnehmungen verspannt werden.

[0059] Um die zu den Kraftsensoren führenden Leitungen sicher unterzubringen, können die Ausnehmungen mit parallel verlaufenden Leitungskanälen verbunden sein. Alternativ können die Ausnehmungen jedoch auch über einen Querkanal mit einer zentrischen Kabelausnehmung in der Messrolle verbunden sein. Der Querkanal kann im Korpus der Messrolle verlaufen oder als offener Kanal an der Stirnfläche der Messrolle und dann mit einem Deckel verschlossen sein.

[0060] Um die Haltestücke für die Kraftsensoren oder die Leisten in den Ausnehmungen zu führen, können sie mit einer Längsrippe versehen sein, die in eine komplementäre Führungsnut im Korpus der Messrolle eingreift.

[0061] In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Kraftsensor zwischen zwei Paaren von Innen- und Außenkeilelementen gehalten. Dadurch wird es zum einen möglich, den Kraftsensor in Wirkrichtung der zu messenden Druckkraft auszurichten. Ferner ist es durch diese Anordnung möglich, die Halterung bezüglich einer durch die Einbauposition des Kraftsensors verlaufenden, senkrecht zur Wirkrichtung der zu messenden Druckkraft angeordneten Ebene geometrisch symmetrisch auszubilden, möglicherweise sogar achssymmetrisch.

[0062] Die Vorzüge werden bereits durch eine Halterung für einen Kraftsensor, der eine von oben auf ihn wirkende Druckkraft messen kann, erzielt, der folgende Bauelemente aufweist:

- ein erstes oberhalb der für den Kraftsensor vorgesehenen Einbauposition angeordnetes Innenkeilelement mit einer zu der Einbauposition des Kraftsensors weisenden Innenfläche und einer im Winkel zur Innenfläche stehenden, der Innenfläche gegenüberliegenden Außenfläche, und

- ein erstes Außenkeilelement mit einer zu der Einbauposition des Kraftsensors weisenden Innenfläche, mit der das Außenkeilelement auf der Außenfläche des ersten Innenkeilelements aufliegt, sowie mit einer der Innenfläche gegenüberliegenden Außenfläche, und

- ein zweites unterhalb der für den Kraftsensor vorgesehenen Einbauposition angeordnetes Innenkeilelement mit einer zu der Einbauposition des Kraftsensors weisenden Innenfläche und einer im Winkel zur Innenfläche stehenden, der Innenfläche gegenüberliegenden Außenfläche und

- ein zweites Außenkeilelement mit einer zu der Einbauposition des Kraftsensors weisenden Innenfläche, mit der das Außenkeilelement auf der Außenfläche des zweiten Innenkeilelements aufliegt, sowie mit einer der Innenfläche gegenüberliegenden Außenfläche.

[0063] Auf diese Weise wird die für das Vorspannen der Halterung und des Kraftsensors in einer Ausnehmung durch eine translatorische Bewegung notwendige Keilanordnung in das Innere der Halterung verlegt. Die Halterung kann bezüglich ihrer Außenflächen an die Formgebung der Ausnehmung, in die die Halterung und der Kraftsensor zu verspannen sind, angepasst werden und erlaubt gleichzeitig, die unmittelbar bzw. mittelbar die Einbauausrichtung des Kraftsensors beeinflussenden Innenflächen auf die gewünschte Ausrichtung anzupassen, beispielsweise diese Innenflächen senkrecht zu der Wirkrichtung der zu messenden Druckkraft anzuordnen. Außerdem hat es sich gezeigt, dass bei der erfindungsgemäßen Halterung die Oberflächengüte der Ausnehmung (beispielsweise der Axialausnehmung), in die die Halterung eingesetzt wird, geringer sein kann, ohne dass ein Kippen auftritt. Dadurch entfallen aufwendige Verfahren zum Erzeugen einer guten Oberflächengüte, wie beispielsweise das Hohnen oder Rollieren.

[0064] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Halterung bezüglich einer durch die Einbauposition des Kraftsensors verlaufenden, senkrecht zur Wirkrichtung der zu messenden Druckkraft angeordneten Ebene geometrisch symmetrisch ausgebildet. Bereits die Abstimmung der Geometrie der oberhalb des Kraftsensors und unterhalb des

Kraftsensors angeordneten Bauelemente reduziert die beim Vorspannen auftretenden Kippmomente und kann sie sogar vollständig vermeiden.

[0065] Alternativ oder ergänzend kann die Halterung bezüglich einer durch die Einbauposition des Kraftsensors verlaufenden, senkrecht zur Wirkrichtung der zu messenden Drucckraft angeordneten Ebene bezüglich der für die die Halterung bildenden Bauelemente verwendeten Materialien und/oder bezüglich der Oberflächenbeschaffenheiten dieser Bauelemente symmetrisch ausgebildet sein. Kippmomente können nicht nur durch geometrische Unterschiede der oberhalb und unterhalb des Kraftsensors vorgesehenen Bauelemente erzeugt werden, sondern auch dadurch, dass aufgrund unterschiedlicher Materialwahl oder unterschiedlicher Oberflächenbeschaffenheiten unterschiedliche Reibkräfte zwischen gegeneinander bewegten Oberflächen oberhalb und unterhalb des Kraftsensors entstehen. Dies kann durch die symmetrische Ausbildung der betreffenden Materialen bzw. Oberflächenbeschaffenheiten verhindert werden.

[0066] In einer bevorzugten Ausführungsform ist eine Verbindung vorgesehen, die das erste Innenkeilelement und das zweite Innenkeilelement zur Vermeidung einer relativen Verschiebung in eine Richtung, die nicht die Wirkrichtung der zu messenden Druckkraft ist, verbindet. Die zu vermeidenden Kippmomente können auch dadurch entstehen, dass sich vergleichbare Bauelemente oberhalb des Kraftsensors und unterhalb des Kraftsensors nicht synchron zueinander bewegen. Dies kann vermieden werden, wenn die betreffenden Bauelemente miteinander verbunden werden. Vorzugsweise ist diese Verbindung jedoch derart ausgebildet, dass sie eine Verschiebung der beiden verbundenen Bauelemente in Wirkrichtung der zu messenden Druckkraft erlaubt. Bei Halterungen für Kraftsensoren, die eine von oben auf sie wirkende Druckkraft messen sollen, wird durch konstruktive Maßnahmen vorzugsweise versucht, den Kraftnebenschluss möglichst gering zu halten, also den Teil der zu messenden Druckkraft, der durch die Halterung an dem Kraftsensor vorbeigeleitet wird, klein zu halten. Dies erfolgt, indem die Bauelemente in Wirkrichtung der zu messenden Druckkraft relativ zueinander federnd ausgebildet sind und die Federsteifigkeit der durch die Verbindung entstandenen Kraftbrücke möglichst gering ist.

[0067] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist eine Verbindung vorgesehen, die das erste Außenkeilelement und das zweite Außenkeilelement zur Vermeidung einer relativen Verschiebung in eine Richtung, die nicht die Wirkrichtung der zu messenden Druckkraft ist, verbindet. Dadurch werden die gleichen Vorteile wie bei der Verbindung der Innenkeilelemente erzielt.

[0068] Auch wenn die Außenfläche des ersten Innenkeilelements und/oder die Außenfläche des zweiten Innenkeilelements nach Art eines Flachkeils plan ausgebildet sein kann, ist bei einer bevorzugten Ausführungsform die Außenfläche des ersten Innenkeilelements und/oder die Außenfläche des zweiten Innenkeilelements als Teilfläche eines Kegels ausgebildet, dessen Längsachse durch die Einbauposition des Kraftsensors verläuft. Für die beim Vorspannen erzeugten Kippmomente ist es von Bedeutung, mit welcher Präzision die Geometrien der einander zugewandten Flächen einzelner, relativ zueinander bewegter Flächen hergestellt werden können. Es hat sich gezeigt, dass die Herstellung von Kegelteilflächen, beispielsweise durch drehende, spanabhebende Bearbeitung eines Halbzeugs präziser hergestellt werden kann, als die plane Fläche eines Flachkeils. Durch diese spezielle Ausgestaltung der Außenflächen wird deshalb eine weitere Verminderung der auftretenden Kippmomente erreicht.

[0069] Aus dem gleichen Grund wird die Innenfläche des ersten Außenkeilelements und/oder die Innenfläche des zweiten Außenkeilelements vorzugsweise als Teilfläche der Begrenzung einer kegelförmigen Ausnehmung ausgebildet, deren Längsachse durch die Einbauposition des Kraftsensors verläuft.

[0070] In einer bevorzugten Ausführungsform sind das erste Innenkeilelement und das zweite Innenkeilelement Teilelemente einer einstückig hergestellten Innenhülse. Dies bietet sowohl hinsichtlich der Fertigung der Bauteile der Halterung als auch hinsichtlich der Handhabung der Halterung beim Einbau des Kraftsensors Vorteile.

[0071] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Innenhülse zwischen dem ersten Innenkeilelement und dem zweiten Innenkeilelement einen Längsschlitz auf, der zur Wirkrichtung der zu messenden Druckkraft im Wesentlichen senkrecht verläuft. Hierdurch wird die Federsteifigkeit der Innenhülse reduziert, so dass der Kraftnebenschluss gering bleibt. Ferner kann die Innenhülse mit einer geringen Wandstärke ausgebildet sein. Als geringe Wandstärke wird bei einem üblichen Innendurchmesser von z.B. 20 mm bis 50 mm eine Wandstärke von z.B. 0,3 mm bis 5 mm verstanden. Die gewählte Wandstärke der Hülsen kann auch in Abhängigkeit der Hülsenlänge, den Verschiebeweg und der Steigung gewählt werden. Sie kann an der dünnsten Stelle auch 1/10 mm betragen. Insbesondere kann der Längsschlitz derart ausgebildet sein, dass er nahezu die gesamte Längserstreckung der Innenhülse aufweist und nur an einem oder beiden Enden als Verbindung zwischen dem ersten Innenkeilelement und dem zweiten Innenkeilelement ein schmaler Steg verbleibt. In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Innenhülse zwei Längsschlitze auf. Vorzugsweise ist der bzw. sind die Längsschlitze in einer durch die Einbauposition des Kraftsensors verlaufenden, senkrecht zur Wirkrichtung der zu messenden Druckkraft angeordneten Ebene vorgesehen.

[0072] Wie auch bei den Innenkeilelementen können in einer bevorzugten Ausführungsform alternativ oder ergänzend das ersten Außenkeilelement und das zweite Außenkeilelement Teilelemente bzw. Teilstücke einer einstückig hergestellten Außenhülse sein. Diese Außenhülse kann in einer bevorzugten Ausführungsform ebenfalls mindestens einen Längsschlitz zwischen dem ersten Außenkeilelement und dem zweiten Außenkeilelement aufweisen, der zur Wirkrichtung der zu messenden Druckkraft im Wesentlichen senkrecht verläuft.

[0073] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Innenfläche des ersten Innenkeilelements und/oder die Innenfläche des zweiten Innenkeilelements plan ausgebildet und in einer zur Wirkrichtung der zu messenden Druckkraft senkrechten Ebene angeordnet. Eine derartige Ausgestaltung erlaubt es, den an seiner Oberseite und Unterseite meist plan ausgebildeten Kraftsensor unmittelbar an die Innenflächen anliegend, zwischen die Innenkeilelemente einzuschieben.

[0074] Alternativ kann in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung zwischen dem ersten Innenkeilelement und der Einbauposition des Kraftsensors ein erstes Zwischenstück mit einer Kalotte und/oder zwischen dem zweiten Innenkeilelement und der Einbauposition des Kraftsensors ein zweites Zwischenstück mit einer Kalotte vorgesehen sein, wobei die Kalotte die der einen Innenfläche eines Innenkeilelements zugewandte Fläche bildet und die zugehörige Innenfläche des Innenkeilelements korrespondierend ausgebildet ist. Die Kalotte weist dabei vorzugsweise die geometrische Form einer Teilfläche eines zylindrischen Körpers auf.

[0075] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Außenfläche des ersten und/oder des zweiten Außenkeilelements eine Teilfläche eines zylindrischen Körpers. Diese Ausgestaltung empfiehlt sich besonders in Anwendungsgebieten, bei denen der Kraftsensor mittels der Halterung in einer Ausnehmung, beispielsweise der Axialausnehmung einer Messrolle zu halten ist.

[0076] Die Halterung kann Zentrierstifte aufweisen, die in Zentrierausnehmungen in Bauelementen eingreifen. Mittels dieser Zentrierstifte können einzelne, lose Bauelemente, wie beispielsweise der Kraftsensor, im Verhältnis zu anderen Bauelementen, wie beispielsweise den Innenkeilelemente bzw. der Innenhülse, gut und genau positioniert werden.

[0077] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Halterung ein in das erste und zweite Außenkeilelement eingebrachte Innengewinde auf, dessen Längsachse durch die Einbauposition des Kraftsensors verläuft und eine in das Innengewinde eingeschraubte Druckschraube, die in Kontakt mit dem ersten Innenkeilelement und dem zweiten Innenkeilelement kommen kann und sie relativ zu dem ersten und dem zweiten Außenkeilelement verschieben kann. Durch diese Druckschraube kann ein einfaches Vorspannen der Halterung erzeugt werden. Durch die winklige Ausgestaltung der jeweiligen Außenflächen im Verhältnis zu den jeweiligen Innenflächen der miteinander kooperierenden Innenkeil- und Außenkeilelementen erzeugt eine Verschiebung der Keilelemente relativ zueinander eine Verlagerung des Außenkeilelements fort von der Einbauposition des Kraftsensors. Auf diese Weise kann die Halterung in einer Ausnehmung verspannt werden.

[0078] Alternativ kann die Halterung ein in das erste und das zweite Innenkeilelement eingebrachtes Innengewinde aufweisen, dessen Längsachse durch die Einbauposition des Kraftsensors verläuft und eine Zugschraube, die in das Innengewinde eingeschraubt ist und mit ihrem Schraubenkopf in Kontakt mit dem ersten und dem zweiten Außenkeilelement kommen kann und sie relativ zu dem ersten und dem zweiten Innenkeilelement verschieben kann.

[0079] In einer bevorzugten Ausführungsform ist mehr als eine Art von Kraftsensor in der Messrolle zur Messung unterschiedlicher mechanischer Kräfte vorgesehen. Dadurch kann der Einfluss der Temperatur erfasst werden, wobei die Erfinder erkannt haben, dass der Einfluss der Temperatur durch eine Messung einer in der Messrolle vorliegenden mechanischen Kraft erkannt und dann entsprechend korrigiert werden kann. Es wird demnach neben der sonst üblichen Messung einer mechanischen Kraft eine zweite mechanische Kraft gemessen, die Rückschlüsse auf den Einfluss eines Temperatureintrags bedingt durch die Verwendung der Messrolle im Warmband ermöglicht. Die erfindungsgemäß ausgestaltete Messrolle ermöglicht eine Separierung des durch den thermischen Eintrag in den Messrollenkörper erzeugten Kraftanteils vom Summensignal des Kraftmessgebers.

[0080] Die Erfinder haben es gemäß einer bevorzugten Ausführungsform als besonders sinnvoll erkannt, wenn eine Art der Kraftsensoren ein Kraftsensor zum Messen der Radialkraft ist, und eine Art der Kraftsensoren ein Kraftsensor zum Messen der Vorspannkraft des Kraftsensors zum Messen der Radialkraft ist. Versuche haben gezeigt, dass eine Temperaturveränderung an der Messrollenoberfläche derart zu einer elastischen Deformation der Messrolle führt, dass die unter Vorspannkraft eingebauten üblicherweise vorgesehenen Kraftsensoren zum Messen der Radialkraft ihre Vorspannkraft und damit auch ihre Linearität verändern. Durch die sich von der ersten Art unterscheidende Art der Kraftsensoren zum Messen der Vorspannkraft, die auf die Kraftsensoren zum Messen der Radialkraft ausgeübt wird, ist es möglich, den Einfluss der thermischen Verformung des Messrollenkörpers zu messen, und den durch die thermische Verformung erzeugten Anteil des Messsignals des Kraftsensors zum Messen der Radialkraft von der eigentlichen durch das bandförmige Gut verursachten Radialkraft zu separieren.

[0081] Die Erfinder haben ferner als erste erkannt, dass mit Kraftsensoren einer weiteren Art, die eine mechanische Kraft messen, es möglich ist, dass neben der thermischen Verformung der Messrolle, die das Messergebnis der Kraftsensoren einer ersten Art beeinflusst, eine Relativtemperaturverteilung über die Bandbreite ermittelbar ist, wenn mehrere Kraftsensoren in Längsrichtung der Messrolle angeordnet sind. Beispielsweise kann für den thermischen Eintrag in Höhe von 1°C ein Wert x in N gemessen werden, über den die Temperaturverteilung durch das in Beziehung setzen mit der gemessenen mechanischen Kraft bestimmbar ist.

[0082] Bevorzugt werden die durch das unter Längszug stehende bandförmige Gut eingeleiteten Kräfte dynamisch durch eine Art von Kraftsensor gemessen und die durch die Verformung der Messrolle in Folge eines thermischen Eintrags auftretenden Kräfte statisch durch eine andere Art von Kraftsensor gemessen. Hierdurch können die jeweils

aktuell gemessenen Kräfte aufeinander bezogen werden und die von den Kraftsensoren einer Art gemessenen Radialkräfte um den thermischen Eintrag bzw. die thermische Verformung korrigiert werden.

[0083] Insbesondere eine Art von Kraftsensor kann in den Ausnehmungen fixiert bzw. verspannt sein, beispielsweise verkeilt. Diese Vorspannungen sind gewollt und lassen sich ohne weiteres messtechnisch kompensieren. Die Vorspannung kann mit einem vorgegebenen Wert eingestellt werden. Beispielsweise können Kraftsensoren mit planparallelen Flächen zwischen keilförmigen Haltestücken, beispielsweise Spannkeilen angeordnet sein, die solange gegeneinander bewegt werden, bis der Kraftsensor unverrückbar zwischen den Haltestücken eingeklemmt ist. Bevorzugt kann ein Kraftsensor der anderen Art, gemeinsam in einem Gehäuse mit der ersten Art von Kraftsensor in den Ausnehmungen fixiert bzw. verspannt sein. Die andere Art von Kraftsensor kann beispielsweise auch in einer an einer der Haltestücke ausgebildeten Ausnehmung oder an einem der Haltestücke befestigt sein, mit denen die eine Art von Kraftsensor in der Ausnehmung verspannt wird.

[0084] Eines der beiden Haltestücke kann dort, wo der Kraftsensor platziert werden soll, ortsfest in der Ausnehmung angeordnet sein, während das andere Haltestück zum Fixieren des Kraftsensors in der Ausnehmung verschoben wird. Dies kann z. B. mit Hilfe einer Spannschraube geschehen, die sich am Messrollenkorpus abstützt und über eine Distanzhülse auf das bewegliche Haltestück wirkt.

[0085] Besonders bevorzugt ist es, dass die Kraftsensoren unterschiedlicher Art benachbart zueinander angeordnet sind, um den direkten Einfluss durch den thermischen Eintrag "vor Ort" zu messen und den Einfluss bei dem Signal des anderen Kraftsensors als Korrektur anzuwenden.

[0086] In einer bevorzugten Ausführungsform ist ein Kraftsensor einer Art mit einem Kraftsensor einer weiteren Art in bzw. an einem Gehäuse bzw. einer Halterung angeordnet, welches die Handhabung bei der Herstellung vereinfacht. Das Gehäuse kann in einer Ausnehmung der Messrolle angeordnet werden. Beispielsweise kann der Kraftsensor einer Art in dem Gehäuse schon vorgespannt werden, wobei der Kraftsensor der weiteren Art an dem Kraftsensor der ersten Art angeordnet ist und die Vorspannkraft messen kann. Es kann vorgesehen sein, dass der Kraftsensor der ersten Art in dem Gehäuse und/oder mit dem Gehäuse vorgespannt wird, wobei der Kraftsensor der weiteren Art die Vorspannung an dem Gehäuse, und damit den thermischen Eintrag, ermittelt. Bei der Anordnung der beiden Arten von Kraftsensoren in bzw. an einem Gehäuse wird auch sichergestellt, dass die beiden Arten von Kraftsensoren zueinander benachbart angeordnet sind, um den Einfluss den die eine Art von Kraftsensor ermittelt für die andere Art von Kraftsensor exakt zu berücksichtigen.

[0087] Von dem Begriff "Gehäuse" werden erfindungsgemäß auch Halterungen erfasst, die keine geschlossene Bauform eines üblichen Gehäuses aufweisen. Ein erfindungsgemäßes Gehäuse kann insbesondere wie in der DE 10 2006 003 792 A1, deren Offenbarungsgehalt hier durch Inbezugnahme explizit aufgenommen wird, beschrieben ausgestaltet sein, wobei das Gehäuse bzw. die Halterung eine einen Außenumfangskonus aufweisende Innenhülse, in der ein Kraftsensor zum Messen der Radialkraft (Kraftsensor einer Art) angeordnet ist, und eine mit der Innenhülse in Eingriff bringbare bzw. mit dieser verspannbare einen Innenumfangkonus aufweisende Außenhülse aufweist. Beispielsweise kann ein Kraftsensor zum Messen einer der Radialkraft entgegenwirkenden mechanischen Kraft (Kraftsensor anderer Art) an der Innenhülse oder in einer Ausnehmung derselben angeordnet bzw. befestigt sein. Beispielsweise kann der Kraftsensor verklebt sein. Ein Kraftsensor zum Messen einer der Radialkraft entgegenwirkenden mechanischen Kraft (Kraftsensor anderer Art) kann auch an der Außenhülse bzw. in einer Ausnehmung derselben angeordnet sein. Es ist auch möglich, dass der Kraftsensor zum einer der Radialkraft entgegenwirkenden mechanischen Kraft (Kraftsensor anderer Art) in einer Ausnehmung der Messrolle im Bereich des für den Einbau des Gehäuses bzw. der Halterung vorgesehenen Ort anordnet ist, ohne selbst mit dem Gehäuse bzw. der Halterung verbunden zu sein.

[0088] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Kraftsensor der anderen Art derart angeordnet, dass er im Kraftfluss der auf den Kraftsensor der ersten Art wirkenden Kraft liegt. Die Anordnung sollte im Kraftfluss der einen Art von Kraftsensor liegen.

[0089] In einer bevorzugten Ausführungsform ist eine Art der Kraftsensoren als Quarz-Kraftsensor ausgestaltet, wobei unter Quarz-Kraftsensor ein piezo-elektrisches Element zu verstehen ist, an dessen Kristalloberfläche die zu messende Kraft Ladungen erzeugt, die als Messgröße dienen. Derartige Kraftsensoren besitzen eine hohe Anspruchsempfindlichkeit, eine hohe Eigenfrequenz und Stabilität bei geringen Abmessungen und ermöglichen es, Anfangslasten ohne Beeinträchtigung des Messergebnisses zu kompensieren.

[0090] Vorzugsweise ist ein Kraftsensor einer (weiteren) Art als Dehnungsmessstreifen ausgestaltet, der beispielsweise die Vorspannkraft eines Quarz-Kraftsensors messen kann, die sich bei der Verformung der Messrolle in Folge eines thermischen Eintrags in die Messrolle verändern kann.

[0091] Die erfindungsgemäße Messrolle findet insbesondere bevorzugt Einsatz beim Feststellen von Eigenschaften eines Metallbands beim Kalt- oder Warmwalzen des Metallbands, insbesondere zum Feststellen der Planheit des Metallbands. Weitere Einsatzgebiete können Weiterverarbeitungslinien sein, wie z.B. Nachwalzgerüste (Dressiergerüste), Bandglühlinien, Verzinkungslinien, Streck-Biege-Richtanlagen!

[0092] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen des näheren erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 die Seitenansicht einer ersten Ausführungsform einer Messrolle teilweise im Schnitt;

Fig. 2 eine Messrolle mit Kabelkanälen in perspektivischer Darstellung mit abgenommenem Deckel;

Fig. 3 einen Ausschnitt einer Stirnansicht der Messrolle gemäß Fig. 3;

Fig. 4 die perspektivische Ansicht einer Messrolle mit längs einer Schraubenlinie angeordneten gestaffelten Kraftsensoren mit abgenommenem Deckel;

Fig. 5 eine geschnittene Detailansicht der in einer Bohrung angeordneten Kraftsensoren;

Fig. 6 eine Draufsicht auf die Anordnung der Kraftsensoren gemäß Fig. 5;

Fig. 7 die Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform einer Messrolle teilweise im Schnitt;

Fig. 8 einen Querschnitt durch eine Halterung mit einem Kraftsensor in der Einbausituation in einer ausschnittweise dargestellten Messrolle in einer geschnittenen Seitenansicht gemäß der Schnittlinie B-B in Fig. 9;

Fig. 9 die Elemente der Fig. 8 in einer Ansicht entlang der Schnittlinie A-A in Fig. 8;

Fig. 10 die Elemente der Fig. 8 und 9 in einer Ansicht gemäß der Schnittlinie C-C der Fig. 9;

Fig. 11 eine alternative Bauform der Halterung in einer zur Fig. 9 vergleichbaren Darstellung;

Fig. 12 eine weitere Bauform der Halterung in einer zu der Fig. 8 vergleichbaren Darstellung;

Fig. 13 die Elemente der Fig. 12 in einer Ansicht entlang der Schnittlinie A-A der Fig. 12;

Fig. 14 die Elemente der Fig. 12 und 13 in einer Ansicht entlang der Schnittlinie C-C in Fig. 12;

Fig. 15 eine weitere Bauform der Halterung in einer der Fig. 8 und 12 vergleichbaren Ansicht;

Fig. 16 eine Detailansicht von in einer Ausnehmung der Messrolle angeordneten Kraftsensoren;

Fig. 17 eine Detailansicht von in einer Ausnehmung der Messrolle angeordnete Kraftsensoren einer weiteren Ausführungsform; und

Fig. 18 eine schematische Darstellung der auf eine Messrolle wirkenden Kräfte.

[0093] Die erfindungsgemäße Messrolle 1 mit einem Zapfen 2 weist einen als Vollrolle ausgeführten Messrollenkörper 1a auf. In den Messrollenkörper 1a ist eine als zur Längsachse A des Messrollenkörpers 1a achsparallele Bohrung ausgeführte Ausnehmung 3 vorgesehen, von der nahe an ihrer Stirnseite ein Querkanal 4 abgeht und zu einem zentrischen Kabelkanal 5 führt. Die Ausnehmung 3 ist stirnseitig mit mit einem Deckel 6 oder jeweils einzeln mit Deckeln verschlossen und enthält einen ersten Kraftsensor 7a, einen neben dem ersten Kraftsensor 7a angeordneten zweiten Kraftsensor 7b, einen neben dem zweiten Kraftsensor 7b angeordneten dritten Kraftsensor 7c und einen neben dem dritten Kraftsensor 7c angeordneten vierten Kraftsensor 7d, von denen jeweils ein Kabel 8 (zur Vereinfachung nur als ein Kabel dargestellt) durch die Bohrung 3 , den Querkanal 4 und den zentrischen Kanal 5 nach außen geführt sind.

[0094] Die in den Fig. 2 und Fig. 3 schematisch-perspektivisch dargestellte Messrolle 1 mit abgenommenem Deckel 6 besitzt parallel zu jeder Bohrung 3 einander gegenüber liegende Kabelkanäle 10, 11 für über den Querkanal 4 und den zentrischen Kanal 5 nach außen geführte Leitungen.

[0095] Die Bohrungen können, wie in den Fig. 4 und Fig. 5 dargestellt, von beiden Stirnseiten der Rolle 1 ausgehen und als Sackbohrungen eine unterschiedliche Tiefe besitzen. Das führt dazu, dass die einzelnen Sensoren längs einer Schraubenlinie 20 , d. h. gestaffelt angeordnet sind und insgesamt die gesamte Breite der Rolle 1 erfassen.

[0096] Im Vergleich zur Ausführungsform der Fig. 1 bis 3, sind die Ausführungsformen der Fig. 4 und 5 so ausgeführt, dass ein als Vollrolle ausgeführter Rollenkörper 1a mit an seinem Außenumfang ausgeführten Nuten, die die Ausnehmungen für die Kraftsensoren 7 bilden, mit einem die Nuten verschließenden Mantelrohr 1b überzogen wurde.

[0097] Wie die Fig. 4 zeigt, können einzelne Ausnehmungen 3 so ausgeführt sein, dass nur ein Kraftsensor 7 in ihnen angeordnet ist. Es ist aber auch in der Ausführungsform der Fig. 4 eine Ausnehmung 3 vorgesehen, die eine Vielzahl

von Kraftsensoren 7 aufweist. Diese Ausnehmung 3 ist in der Ausführungsform der Fig. 4 so ausgeführt, dass sie von einer Stirnseite des Messrollkörpers 1a zur gegenüberliegenden Stirnseite des Messrollenkörpers führt.

[0098] Fig. 5 zeigt die Anordnung zweier Kraftsensoren 107a, 107b in einer Bohrung 103 eines Messrollenkörpers 1a einer Messrolle, die nach Art der in Fig. 1 und 2 gezeigten Bauform als Vollrolle mit in die Vollrolle eingebrachte, axiale Bohrung 103 ausgeführt ist. Die in Fig. 5 dargestellten Kraftsensoren 7a, 7b weisen jeweils ein Gehäuse 120 auf. Auf einer Seite des jeweiligen Gehäuses 120 ist eine Steckerbuchse 122 eingebaut. Der jeweilige Kraftsensor 107a, 107b weist jeweils ein Piezoelement 113 auf, das aus einer mehrschichtigen Kristallanordnung besteht. Das jeweilige Piezoelement 113 liegt zwischen zwei Kraftübertragungsscheiben 114, 115. Die Kraftübertragungsscheiben 114, 115 sind mittels elastischer Flansche 116 mit dem Gehäuse 120 verbunden. Die Sensorfläche des Kraftsensors 107a ist die in Kontakt mit der Bohrungswandung der Bohrung 103 stehende äußere Oberfläche der Kraftübertragungsscheibe 114. Die Sensorfläche des Kraftsensors 107b ist die in Kontakt mit der Bohrungswandung der Bohrung 103 stehende äußere Oberfläche der Kraftübertragungsscheibe 114.

[0099] In der Fig. 5 ist für den Kraftsensor 107a die in Radialrichtung der Messrolle verlaufenden Endbegrenzungslinie 117 eingezeichnet, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors 107a schneidet, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensor 107b am nächsten ist. Ferner ist in Fig. 5 die Linie 118 eingezeichnet, die

- in der Ebene verläuft, die die Endbegrenzungslinie 117 und die Linie enthält, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, und
- die Endbegrenzungslinie 117 im Schnittpunkt 119 der Endbegrenzungslinie 117 mit der Umfangsfläche schneidet, und
- den Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors 107b schneidet, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors 107a am nächsten liegt.

[0100] Wie die Fig. 5 zeigt, ist der Winkel ALPHA zwischen der Endbegrenzungslinie 117 und der Linie 118 kleiner als 65°, nämlich ungefähr 45°.

[0101] Damit die kreisringförmigen, ebenen Sensorflächen der Kraftsensoren 107a und 107b an den Wandungen der Bohrung 103 anliegen können, ist die Bohrung 103 im Querschnitt rechteckig ausgeführt.

[0102] Fig. 6 zeigt eine schematische, auf Höhe der oberen Bohrungswandung geschnittene Draufsicht auf die in der Bohrung 103 angeordneten Kraftsensoren 107a, 107b, wobei in Fig. 6 die Linie 123 eingezeichnet ist, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors 107a, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors 107b am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors 107b, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors 107a am nächsten liegt, verbindet. Die Sensorfläche des Kraftsensors 107a ist die in Kontakt mit der Bohrungswandung der Bohrung 103 stehende äußere Oberfläche der Kraftübertragungsscheibe 114. Die Sensorfläche des Kraftsensors 107b ist die in Kontakt mit der Bohrungswandung der Bohrung 103 stehende äußere Oberfläche der Kraftübertragungsscheibe 114.

[0103] Die in Fig. 7 dargestellte Messrolle 201 besitzt einen als Vollrolle ausgebildeten Messrollenkörper 201a, in dessen Umfangsfläche eine Vielzahl von über die Rollenbreite verteilten Ausnehmungen 203, 203a, 203b, in die Messgeber, beispielsweise Weg- oder Kraft-bzw. Piezomessgeber 207 in Gestalt von Quarz-Unterlegscheiben zum Messen dynamischer und quasistatischer Kräfte mit zylindrischen Abdeckungen 234 eingesetzt sind. Die Messgeber 207 erstrecken sich zwischen dem Boden 239 der Ausnehmung 203 und der Abdeckung 234. Die Abdeckung 234 besitzt eine Einsenkung, in der sich der Kopf 236 einer Spannschraube 237 befindet, die in eine Gewindebohrung 238 der Messrolle 201 eingreift. Mit Hilfe der Spannschraube 237 ist die Abdeckung 234 mit dem Messgeber 207 gegen den Boden 239 der Ausnehmung 203 verspannt.

[0104] Die Abdeckung 234 ist mit einer Kunststoffschicht 240 versehen. Zwischen dem Messgeber 207 und der Wandung der Ausnehmung 203 der Rolle 201 befindet sich infolge der unterschiedlichen Durchmesser des Messgebers und der Ausnehmung 203 ein Spalt 241, der bei eingesetzter Abdeckung durch die Kunststoffschicht 240 oder auf andere Weise nach außen hin verschlossen ist. Der Spalt kann sich auch zwischen der Messgeberabdeckung und der Wandung der Ausnehmung befinden.

[0105] Die Fig. 7 zeigt, dass die Bohrungen 203b nahe beieinander und auf einer Linie angeordnet sind, die parallel zur Längsachse A des Messrollenkörpers 203b verläuft. Die Linie, die den Punkt der Sensorfläche eines jeweiligen Kraftsensors 207 in einer Ausnehmung 203b, der der Sensorfläche eines benachbarten Kraftsensors 207 in einer benachbarten Ausnehmung 203b am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des benachbarten Kraftsensor 207 in der benachbarten Ausnehmung 203b, der der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors 207 in der Ausnehmung 203b am nächsten liegt, verbindet, verläuft bei diesen Bohrungen 203b parallel zur Längsachse A des Messrollenkörpers 203b.

[0106] Fig. 7 zeigt in Form der Bohrungen 203a jedoch aus solche, die nahe beieinander, aber nicht auf einer Linie, die parallel zur Längsachse A des Messrollenkörpers 203b verläuft angeordnet sind. Die Parallelprojektion Linie, die den Punkt der Sensorfläche eines jeweiligen Kraftsensors 207 in einer Ausnehmung 203a, der der Sensorfläche eines

benachbarten Kraftsensors 207 in einer benachbarten Ausnehmung 203a am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des benachbarten Kraftsensor 207 in der benachbarten Ausnehmung 203a, der der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors 207 in der Ausnehmung 203a am nächsten liegt, verbindet, auf eine Ebene, die die Längsachse A des Messrollenkörpers 203b enthält, verläuft bei diesen Bohrungen 203a in einem Winkel zur Längsachse A des Messrollenkörpers 203b.

[0107] Der Messrollenkörper 201a kann zur Bildung einer geschlossenen Umfangsfläche mit einer hier nicht dargestellten Beschichtung ausgeführt werden.

[0108] In der Fig. 7 sind weitere, einzeln ausgeführte Bohrungen 203 vorgesehen. Die Fig. 7 verdeutlicht damit, dass verschiedene Anordnungen von Bohrungen 203, 203a, 203b auf einer Messrolle vereinigt werden können, je nach gewünschter Messaufgabe. Es sind jedoch auch Ausführungsformen denkbar, bei denen nur die Bohrungen 203b oder nur die Bohrungen 203a vorhanden sind.

[0109] Fig. 8 zeigt eine Halterung 1101 für einen Kraftsensor 1102. Die Halterung 1101 hält den Kraftsensor 1102 in einer Axialbohrung 1103 der ausschnittweise dargestellten Messrolle 1104. Die Halterung 1101 weist eine Innenhülse 1105 auf, die aus einem ersten oberhalb der für den Kraftsensor 1102 vorgesehenen Einbauposition angeordneten Innenkeilelement 1106 mit einer zu der Einbauposition des Kraftsensors 1102 weisenden Innenfläche 1107 und einer im Winkel zur Innenfläche 1107 stehenden, der Innenfläche 1107 gegenüberliegenden Außenfläche 1108 auf. Ferner weist die Innenhülse 1105 ein zweites unterhalb der für den Kraftsensor 1102 vorgesehenen Einbauposition angeordnetes Innenkeilelement 1109 auf, das eine zu der Einbauposition des Kraftsensors 1102 weisende Innenfläche 1110 und eine im Winkel zur Innenfläche 1110 stehende, der Innenfläche 1110 gegenüberliegende Außenfläche 1111 aufweist.

[0110] Ferner weist die Halterung 1101 eine Außenhülse 1112 auf. Die Außenhülse 1112 weist ein erstes Außenkeilelement 1113 mit einer zu der Einbauposition des Kraftsensors weisenden Innenfläche 1114 und einer im Winkel zur Innenfläche 1114 stehenden, der Innenfläche 1114 gegenüberliegenden Außenfläche 1115 auf. Ferner weist die Außenhülse 1112 ein zweites Außenkeilelement 1116 mit einer zur Einbauposition des Kraftsensors 1102 weisenden Innenfläche 1117, mit der das Außenkeilelement 1116 auf der Außenfläche des zweiten Innenkeilelements 1109 aufliegt, auf. Ferner weist das Außenkeilelement 1116 eine der Innenfläche 1117 gegenüberliegende Außenfläche 1118 auf.

[0111] Eine Druckschraube 1119 mit einem Außengewinde ist in ein in die Außenhülse eingebrachtes Innengewinde 1120 eingeschraubt. Die Einschraubtiefe der Druckschraube 1119 bestimmt die Relativposition der Innenhülse 1105 im Verhältnis zur Außenhülse 1112 und damit den Grad der Vorspannung der Halterung 1101 in der Axialausnehmung 1103.

[0112] Wie der Fig. 9 zu entnehmen ist, weisen die Innenhülse 1105 und die Außenhülse 1112, Schlitze 1121 respektive 1122 auf. Diese Längsschlitze 1121, 1122 reduzieren die Federsteifigkeit der Innenhülse 1105 bzw. der Außenhülse 1112 und sorgen dafür, dass der Kraftnebenschluss gering bleibt. Die in die Wirkrichtung des Pfeils D wirkende, zu ermittelnde Druckkraft wird deshalb gut in den Kraftsensor 1102 eingeleitet. Die Außenhülse 1112 und die Innenhülse 1105 können in einem ersten Bearbeitungsschritt durch spanabhebendes Drehen hergestellt werden. Dadurch kann insbesondere die Formtoleranz der Innenflächen 1114, 1117 der Außenhülse 1112 und der Außenflächen 1108, 1111 der Innenhülse besonders präzise hergestellt werden und so ein kippmomentfreies Bewegen der Innenhülse 1105 relativ zur Außenhülse 1112 ermöglicht werden. In nachfolgenden Bearbeitungsschritten können die in der Ansicht der Fig. 9 seitlich angeordneten Bereiche der Innenhülse 1105 weiter verschmälert werden, um die seitliche Wandstärke der Innenhülse 1105 zu reduzieren. Dadurch entstehen in der Ansicht der Fig. 9 seitliche Freiräume 1123, 1124 zwischen der Innenhülse 1105 und der Außenhülse 1112, die die Krafteinleitung in den Kraftsensor 1102 begünstigen und den Kraftnebenschluss weiter verringern.

[0113] Die Fig. 10 zeigt die Draufsicht auf den Kraftsensor 1102. In dieser Ansicht ist die zu dem Kraftsensor 1102 führende Kabelanordnung gut zu erkennen. Ein erstes Kabel 1125 führt zu dem dargestellten Kraftsensor 1102, während weitere Kabel 1126 zu weiteren, nicht dargestellten Kraftsensoren führen, die in der gleichen Axialausnehmung 1103 angeordnet sind.

[0114] Die in der Fig. 11 dargestellte weitere Ausführungsform der Halterung weist grundsätzlich den gleichen Aufbau wie die in den Fig. 8 bis 10 dargestellte Halterung auf. Gleiche Bauelemente weisen um den Wert 100 erhöhte Bezugszeichen auf. Allerdings ist bei der Innenhülse 1205 dieser zweiten Ausführungsform eine Mehrzahl von Ausnehmungen 1226 vorgesehen, die die seitliche Wandstärke der Innenhülse 1205 weiter reduzieren und damit zu einer erneut geringeren Federsteifigkeit und damit einem geringeren Kraftnebenschluss führen.

[0115] In den Fig. 12 bis 14 ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung gezeigt, die sich von der in den Fig. 8 bis 10 Dargestellten dadurch unterscheidet, dass zwischen der Innenhülse 1305 und dem Kraftsensor 1302 Zwischenstücke 1327 und 1328 mit Kalotten vorgesehen sind. Im übrigen entsprechen die dargestellten Bauelemente den Bauelementen der in den Fig. 8 bis 10 dargestellten Elemente. Sie werden mit einem um den Wert 200 erhöhten Bezugszeichen dargestellt.

[0116] Fig. 15 zeigt eine der in Fig. 8 dargestellte vergleichbare Halterung 1401. Sie unterscheidet sich von der in Fig. 8 Dargestellten durch eine andere Orientierung der Innenflächen 1408, 1411 und der dazu korrespondierenden Außenflächen 1414, 1417 sowie durch eine Zugschraube 1429, die in ein Innengewinde 1430 der Innenhülse 1405 eingeschraubt ist. Die Einschraubtiefe der Zugschraube 1429 in das Innengewinde 1430 bestimmt die Position der Innenhülse

1405 relativ zur Außenhülse 1412 und damit die Vorspannung der Halterung 1401 in der Axialbohrung 1403 der Messrolle 1404. Gleiche Bauelemente zu den in Fig. 8 bis 10 dargestellten Elementen werden mit einem um den Wert 300 erhöhtes Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0117] Fig. 16 zeigt eine Weiterbildung der Ausführungsform gemäß Fig. 8 und zeigt eine Detailansicht von in einer Ausnehmung 1103 der Messrolle in einem Paar angeordneten Kraftsensoren 1102a, 1102b. Das Gehäuse 1101 bzw. die Halterung hält den Kraftsensor 1102a einer ersten Art, der zum Messen der Radialkraft ausgestaltet ist in der Ausnehmung 1103 der ausschnittweise dargestellten Messrolle. Das Gehäuse 1101 weist eine Innenhülse 1105 auf, die aus einem ersten oberhalb der für den Kraftsensor 1102a vorgesehenen Einbauposition angeordneten Innenkeilelement 1106 mit einer zu der Einbauposition des Kraftsensors 1102a weisenden Innenfläche 1107 und einer im Winkel zur Innenfläche 1107 stehenden, der Innenfläche 1107 gegenüberliegenden Außenfläche 1108 auf. Ferner weist die Innenhülse 1105 ein zweites unterhalb der für den Kraftsensor 1102a vorgesehenen Einbauposition angeordnetes Innenkeilelement 1127 auf, das eine zu der Einbauposition des Kraftsensors 1102a weisende Innenfläche 1110 und eine im Winkel zur Innenfläche 1110 stehende, der Innenfläche 1110 gegenüberliegende Außenfläche 1111 aufweist.

[0118] Ferner weist das Gehäuse 1101 eine Außenhülse 1112 auf, die ein erstes Außenkeilelement 1113 mit einer zu der Einbauposition des Kraftsensors 1102a weisenden Innenfläche 1114 und einer im Winkel zur Innenfläche 1114 stehenden, der Innenfläche 1114 gegenüberliegenden Außenfläche 1115 auf. Ferner weist die Außenhülse 1112 ein zweites Außenkeilelement 1120 mit einer zur Einbauposition des Kraftsensors 1102a weisenden Innenfläche 1117, mit der das Außenkeilelement 1120 auf der Außenfläche des zweiten Innenkeilelements 1127 aufliegt, auf. Ferner weist das Außenkeilelement 1120 eine der Innenfläche 1117 gegenüberliegende Außenfläche 1116 auf.

[0119] Eine Druckschraube 1119 mit einem Außengewinde ist in ein in die Außenhülse 1112 eingebrachtes Innengewinde eingeschraubt. Die Einschraubtiefe der Druckschraube 1119 bestimmt die Relativposition der Innenhülse 1127 im Verhältnis zur Außenhülse 1112 und damit den Grad der Vorspannung des Gehäuses 1101 in der Ausnehmung 1103. Zur Ermittlung der Vorspannung ist der Kraftsensor 1102b in der Innenhülse 1127 in einer Ausnehmung derselben angeordnet. Mit dem Kraftsensor 1102b kann die Vorspannkraft gemessen werden.

[0120] Der Kraftsensor 1102a zum Messen der Radialkraft wird vorgespannt, wobei die Größe der Vorspannung mittels des Kraftsensors 1102b ermittelt werden kann. Bei einem thermischen Eintrag bei der Behandlung beispielsweise von Metallband beim Warmwalzen werden durch die Umlenkung des unter Längszug stehenden Bandes Radialkräfte in die Messrolle eingeleitet, die die äußere Schale der Messrolle elastisch deformieren. Der "membranförmig" ausgebildete Steg oberhalb der Ausnehmung 1103 wird dabei in Radialrichtung verschoben, was durch den Kraftsensor 1102a, der als piezoelektrischer Kraftsensor ausgestaltet sein kann, ermittelbar ist. Thermische Spannungen, die aufgrund eines Temperaturgradienten entstehen, erzeugen an der dem in Umfangsrichtung nach außen liegenden Steg oberhalb der Ausnehmung 1103 ebenfalls eine Wegänderung in Radialrichtung, die der Radialkraft entgegengesetzt ist. Hierdurch wird das Messergebnis des Kraftsensors 1102a verändert, wobei mit dem Kraftsensor 1102b, der als statisch messender Kraftsensor, insbesondere als Dehnungsmessstreifen, ausgestaltet sein kann, die Wegänderung durch eine Änderung der Vorspannung erfassbar ist. Mit Hilfe der jeweils aktuell gemessenen Vorspannkraft können die Radialkraftwerte der Kraftsensoren 1102a korrigiert werden.

[0121] Die in Paaren nahe beabstandet zueinander angeordneten Kraftsensoren 1102a, 1102b werden in die die Innenhülse 1127 und die Außenhülse 1112 aufweisende Gehäuse 101 eingesetzt und danach in die Ausnehmung 1103 der Messrolle 1 positioniert und an ihrer Position verspannt.

[0122] Figur 17 zeigt eine Detailansicht von in einer Ausnehmung 1103 der Messrolle 1 angeordneten Kraftsensoren 1102a und 1102b einer zur Figur 16 unterschiedlichen Ausführungsform. Der Aufbau der Ausführungsform, wie er in Figur 17 gezeigt wird, entspricht im Wesentlichen dem Aufbau der in Figur 16 gezeigten Ausführungsform. Lediglich hinsichtlich der Anordnung und Ausführung der Kraftsensoren 1102a und 1102b unterscheidet sich die Ausführungsform der Figur 17 von den Kraftsensoren 1102a und 1102b der Figur 16. Der Kraftsensor 1107a ist als Piezo-elektrischer Kraftsensor ausgestaltet, wobei er in Radialrichtung etwas kürzer baut als der Kraftsensor 1102a der Fig. 16. Als Kraftsensor der anderen Art ist der Kraftsensor 1107b vorgesehen, der als statisch messender Kraftsensor, insbesondere als Dehnungsmessstreifen ausgebildet ist.

[0123] Fig. 18 zeigt die durch ein die Messrolle teilweise umschlingendes, unter Bandzug stehendes Metallband auf die Messrolle aufgebrachten Kräfte. Die an den in Ausnehmungen in der Messrolle angeordneten Quarz-Kraftsensoren erzeugen elektrische Ladung. Diese ist direkt proportional der auf den Quarz aufgebrachten Kraft.

[0124] Die üblicherweise in I-Units gemessene Bandlängenabweichung, die üblicherweise als ein Repräsentant für die Planheit des Bandes verwendet wird, lässt sich aufgrund der folgenden Beziehungen berechnen:

Örtliche Radialkraft in N

$F_{R,i}$

Örtliche Zugkraft in N

$$F_{Z,i} = F_{R,i} / (2 \times \sin \alpha/2)$$

α = Bandumlenkwinkel um Messrolle

Örtliche Zugspannung in N/mm2

$$\sigma_{Z,i} = F_{Z,i} / (b_{El} \times d)$$

b_{El} = Messzonenbreit
d = Banddicke

Zugspannungsabweichung in N/mm2

$$\Delta\sigma_{Z,i} = \sigma_{Z,max} - \sigma_{Z,i}$$

$\sigma_{Z,max}$ = maximale örtliche Zugspannung

Sandlängenabweichung in µm/m

$$\Delta L/L_i = (\Delta\sigma_{Z,i} /E) \times 10^6$$

$$E = \text{E-Modul } (E_{Stahl} = 2{,}06 \times 10^5 \text{ N/mm2})$$

Bandlängenabweichung in I-Unit

$$\Delta L/L_i = (\Delta\sigma_{Z,i} /E) \times 10^5$$

$$E = \text{E-Modul } (E_{Stahl} = 2{,}06 \times 10^5 \text{ N/mm2})$$

Beispiel:

Quarz-Kraftsensor: Empfindlichkeit = 4,2 pC/N
Ladung am Sensor: = 210 pC
Kraft auf Sensor: $F_{R,i}$ = 50 N
$F_{Z,i}$ =**50**/ (2 x 0,342/2) = 146,19 N α = 20°

$$\sigma_{Z,i} = 146{,}19/(25 \times 0.5) = 11{,}69 \text{N/mm2}$$

b_{El} =25mm,d=0.5mm

$$\Delta\sigma_{Z,i} = 20 - 11{,}69 = 8{,}3\ \text{N/mm2}\quad \sigma_{Z,max} = 20\ \text{N/mm2}$$

$$\Delta L/L_i = (\Delta\sigma_{Z,i} / E) \times 10^6 = 162{,}34\ \mu\text{m/m}\quad E = \text{E-Modul}$$

($E_{Stahl} = 2{,}06 \times 10^5$ N / mm2)

$$\Delta L/L_i = (\Delta\sigma_{Z,i} / E) \times 10^5 = 16{,}234\ \text{I-Unit}$$

Patentansprüche

1. Messrolle zum Feststellen einer Eigenschaft eines über die Messrolle geführten bandförmigen Guts, insbesondere von Metallband, mit

   - einem Messrollenkörper mit einer Umfangsfläche,
   - mindestens einer Ausnehmung in dem Messrollenkörper, die beabstandet zu der Umfangsfläche angeordnet ist oder von der Umfangsfläche in das Innere des Messrollenkörpers führt und
   - mit einem ersten Kraftsensor, der in der Ausnehmung angeordnet ist, und einem zweiten Kraftsensor, der in der Ausnehmung oder einer weiteren, der Ausnehmung benachbarten Ausnehmung angeordnet ist,

   wobei der erste Kraftsensor eine Sensorfläche aufweist und der erste Kraftsensor bei einer Änderung der Lage der Sensorfläche des ersten Kraftsensors ein Sensorsignal erzeugen kann und der zweite Kraftsensor eine Sensorfläche aufweist und der zweite Kraftsensor bei einer Änderung der Lage der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors ein Sensorsignal erzeugen kann,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   entweder der erste Kraftsensor in der Ausnehmung neben dem zweiten Kraftsensor angeordnet ist und die Sensorfläche des ersten Kraftsensors an die Sensorfläche des zweiten Kraftsensors unmittelbar angrenzt
   oder der erste Kraftsensor so nah neben dem zweiten Kraftsensor angeordnet ist, dass der Winkel zwischen einer in Radialrichtung der Messrolle verlaufenden Endbegrenzungslinie, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensor am nächsten ist, und einer Linie, die

   • in der Ebene verläuft, die die Endbegrenzungslinie und die Linie enthält, die den Punkt der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, der der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, und
   • die Endbegrenzungslinie im Schnittpunkt der Endbegrenzungslinie mit der Umfangsfläche schneidet, und
   • den Punkt der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des ersten Kraftsensors am nächsten liegt,

   kleiner als 65° ist.

2. Messrolle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Messrollenkörper eine Vollrolle ist, die sich entlang einer Längsachse erstreckt, und die Ausnehmung parallel zur Längsachse verläuft.

3. Messrolle nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausnehmung eine Öffnung aufweist, die an einer Stirnseite des Messrollenkörpers angeordnet ist.

4. Messrolle nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vielzahl von Kraftsensoren, die jeweils eine Sensorfläche aufweisen und die jeweils bei einer Änderung der Lage ihrer jeweiligen Sensorfläche ein Sensorsignal erzeugen können, in der Ausnehmung oder einander benachbarten Ausnehmungen angeordnet sind und

   entweder die Sensorfläche eines Kraftsensors an die Sensorfläche eines ihm benachbarten Kraftsensors unmittelbar angrenzt

oder der jeweilige Kraftsensor so nah neben dem ihm benachbarten Kraftsensor angeordnet ist, dass der Winkel zwischen einer in Radialrichtung der Messrolle verlaufenden Endbegrenzungslinie, die den Punkt der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des ihm benachbarten Kraftsensor am nächsten ist, und einer Linie, die

- in der Ebene verläuft, die die Endbegrenzungslinie und die Linie enthält, die den Punkt der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors, der der Sensorfläche des benachbarten Kraftsensor am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des benachbarten Kraftsensors, der der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, und
- die Endbegrenzungslinie im Schnittpunkt der Endbegrenzungslinie mit der Umfangsfläche schneidet, und
- den Punkt der Sensorfläche des ihm benachbarten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors am nächsten liegt, kleiner als 65° ist.

5. Messrolle nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei jedem Kraftsensor in der Ausnehmung

entweder die Sensorfläche des Kraftsensors an die Sensorfläche eines ihm benachbarten Kraftsensors unmittelbar angrenzt
oder der jeweilige Kraftsensor so nah neben dem ihm benachbarten Kraftsensor angeordnet ist, dass der Winkel zwischen einer in Radialrichtung der Messrolle verlaufenden Endbegrenzungslinie, die den Punkt der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des ihm benachbarten Kraftsensor am nächsten ist, und einer Linie, die

- in der Ebene verläuft, die die Endbegrenzungslinie und die Linie enthält, die den Punkt der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors, der der Sensorfläche des benachbarten Kraftsensor am nächsten liegt, mit dem Punkt der Sensorfläche des benachbarten Kraftsensors, der der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors am nächsten liegt, verbindet, und
- die Endbegrenzungslinie im Schnittpunkt der Endbegrenzungslinie mit der Umfangsfläche schneidet, und
- den Punkt der Sensorfläche des ihm benachbarten Kraftsensors schneidet, der der Sensorfläche des jeweiligen Kraftsensors am nächsten liegt, kleiner als 65° ist.

6. Messrolle nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Kraftsensor und der zweite Kraftsensor jeweils ein piezoelektrischer Kraftsensor, ein Dehnungsmessstreifen oder ein optischer Kraftsensor sind.

7. Messrolle nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Kraftsensor unter Vorspannung in der Ausnehmung verbaut ist.

8. Verfahren zum Feststellen einer Eigenschaft eines über die Messrolle geführten bandförmigen Guts, insbesondere von Metallband, **dadurch gekennzeichnet, dass** das bandförmige Gut derart über eine Messrolle nach einem der Ansprüche 1 bis 7 geführt wird, dass es die Messrolle teilweise umschlingt, und dass

- das Sensorsignal, das der erste Kraftsensor aufgrund der Änderung der Lage der Sensorfläche des ersten Kraftsensors, die sich aufgrund der aus der Umschlingung ergebenden Druckkraft ergibt, erzeugt, einer Auswerteeinheit zugeführt wird und
- das Sensorsignal, das der zweite Kraftsensor aufgrund der Änderung der Lage der Sensorfläche des zweiten Kraftsensors, die sich aufgrund der aus der Umschlingung ergebenden Druckkraft ergibt, erzeugt, einer Auswerteeinheit zugeführt wird und
- die Auswerteeinheit eine von dem Sensorsignal des ersten Kraftsensors und dem Sensorsignal des zweiten Kraftsensors abhängige Information erzeugt.

9. Verwendung einer Messrolle nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Feststellung einer Eigenschaft eines über die Messrolle geführten bandförmigen Guts, insbesondere von Metallband, insbesondere zum Feststellen der Planheit des bandförmigen Guts.

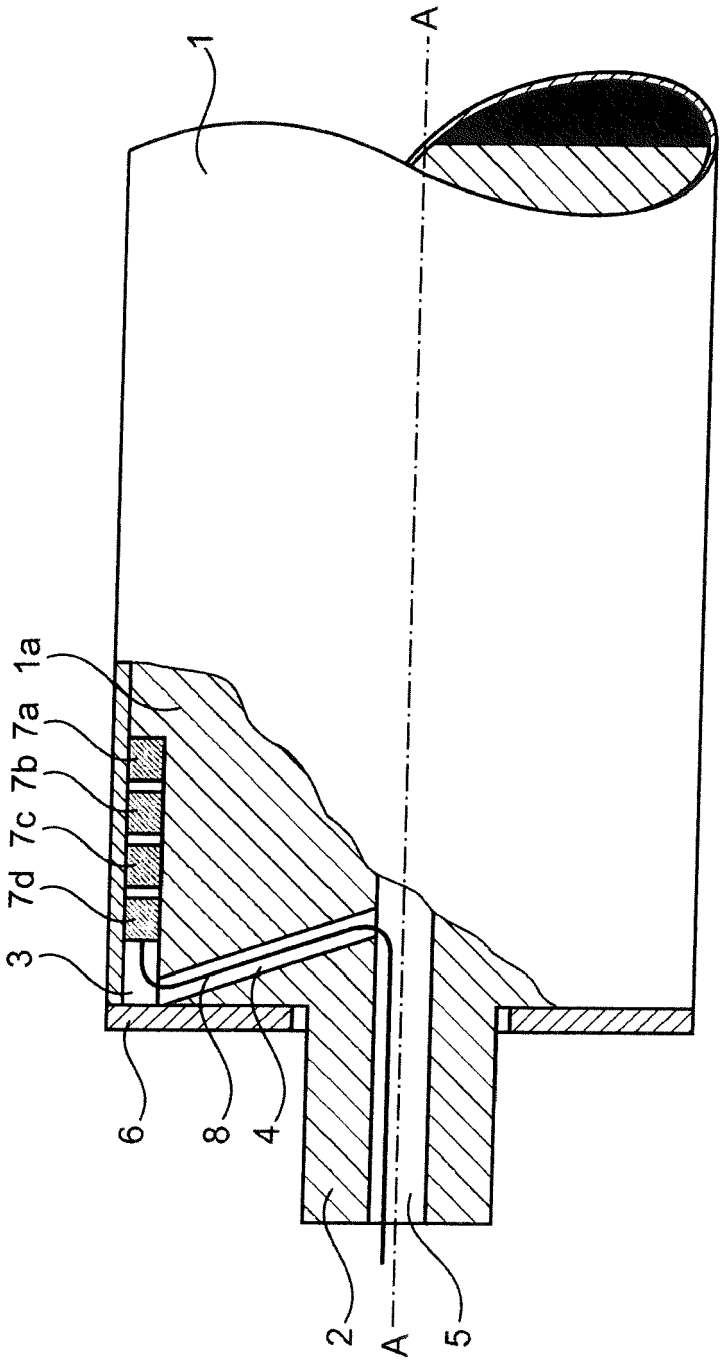

Fig. 1

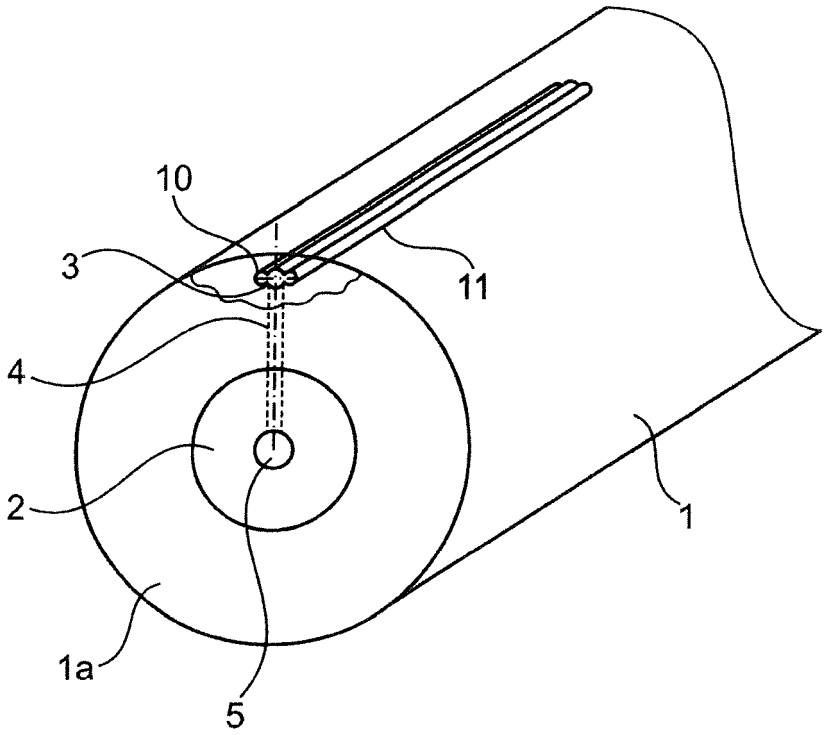

Fig. 2

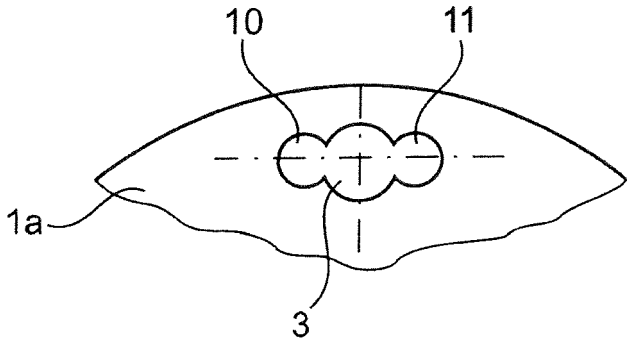

Fig. 3

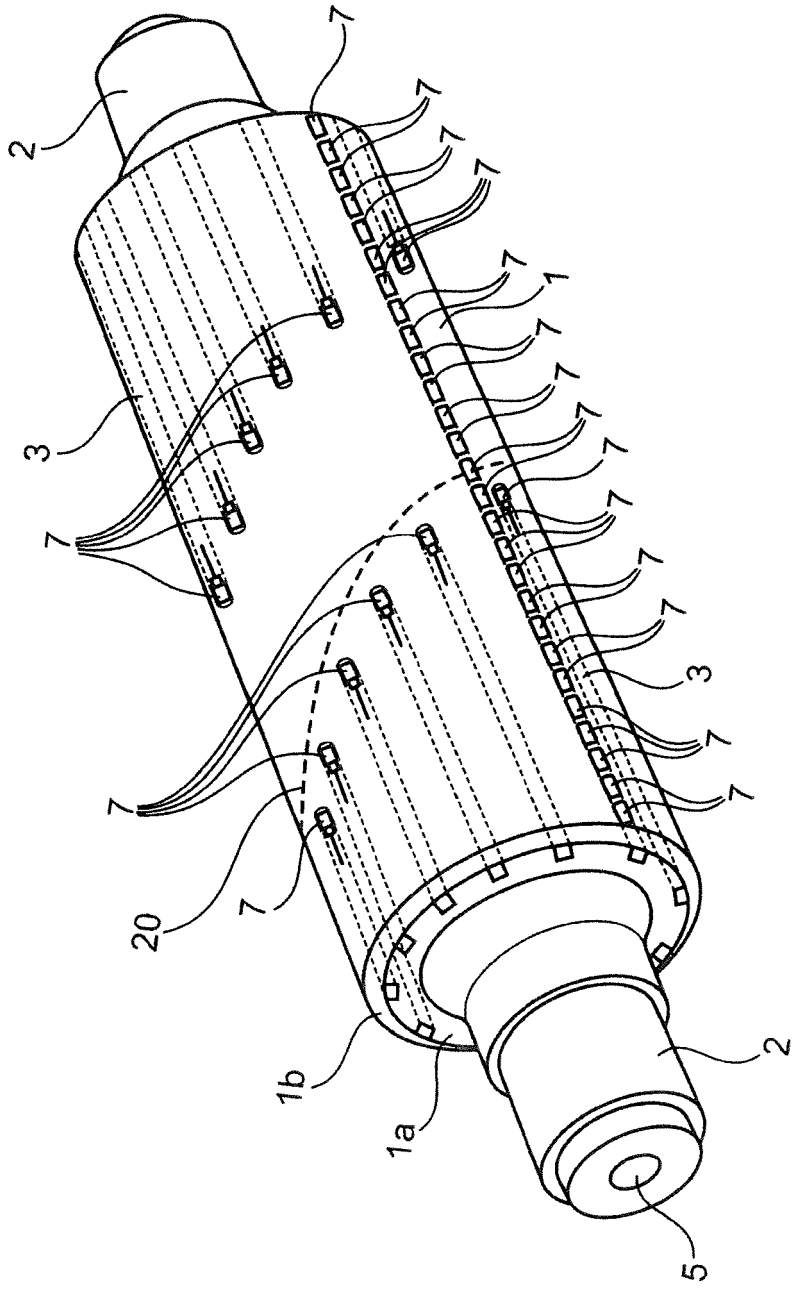

Fig. 4

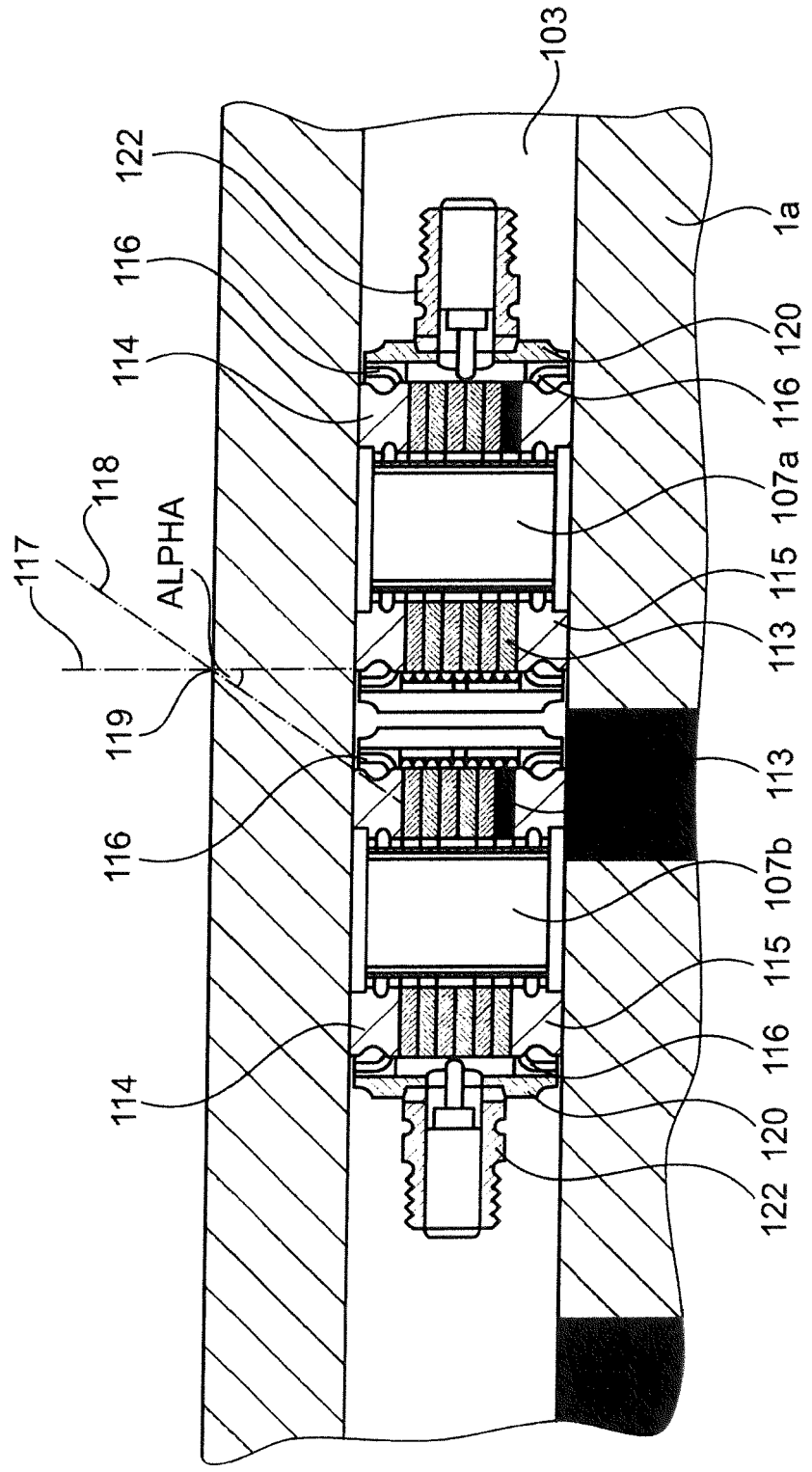
103
122
116
114
118
ALPHA
117
119
116
114
1a
120
116
107a
115
113
113
107b
115
116
120
122

Fig. 5

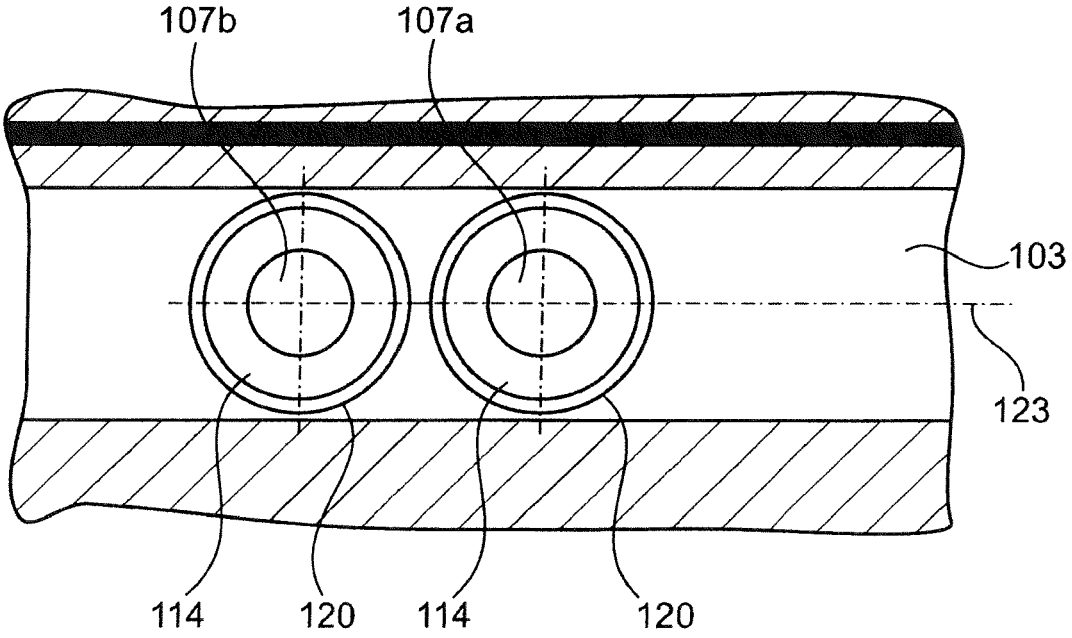

Fig. 6

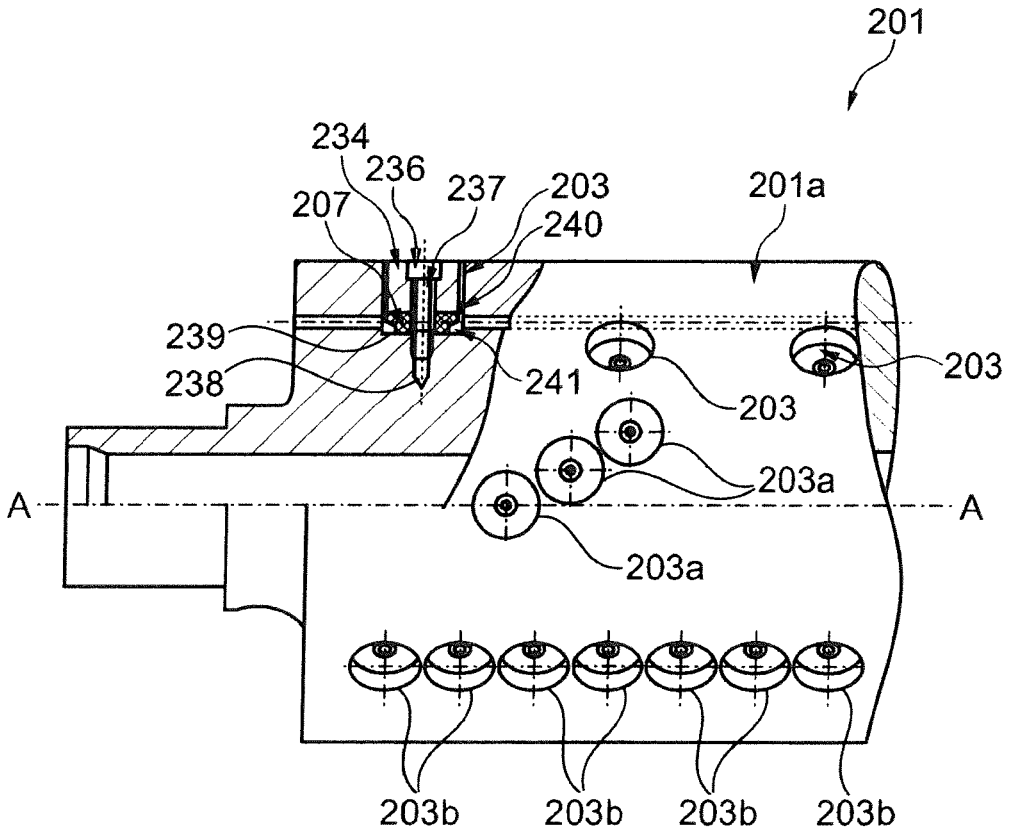
201
234
236
237
203
201a
207
240
239
238
241
203
203
203a
A
A
203a
203b
203b
203b
203b

Fig. 7

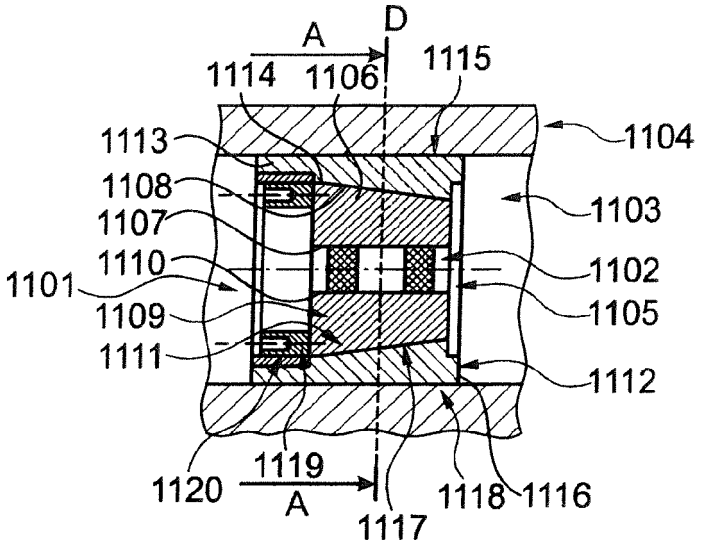

Fig. 8

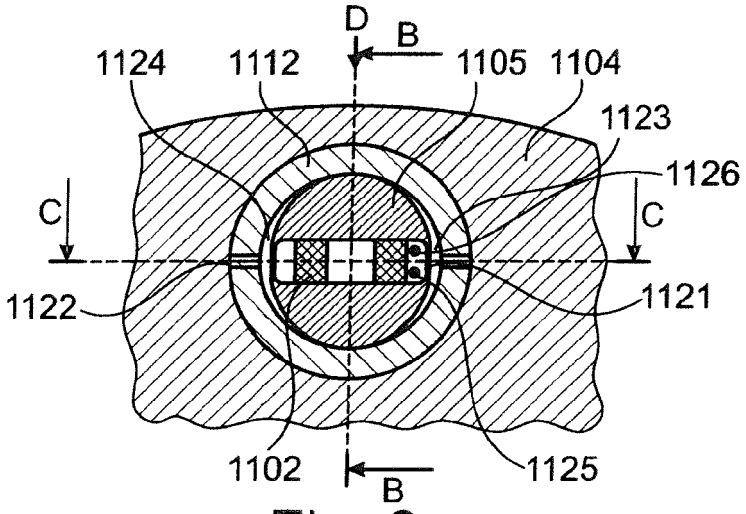

Fig. 9

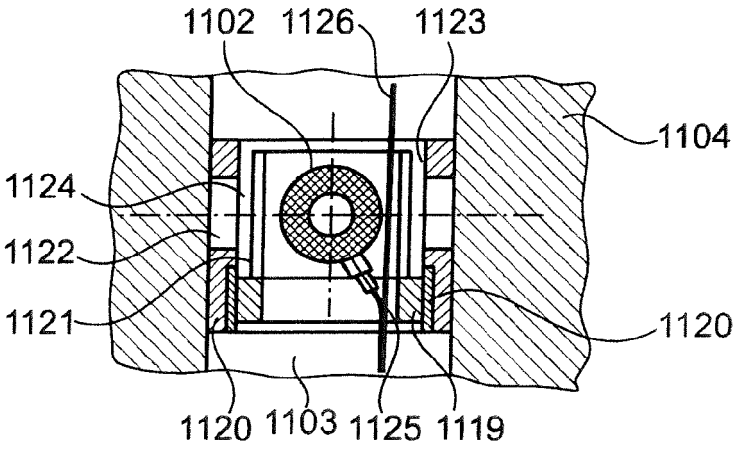

Fig. 10

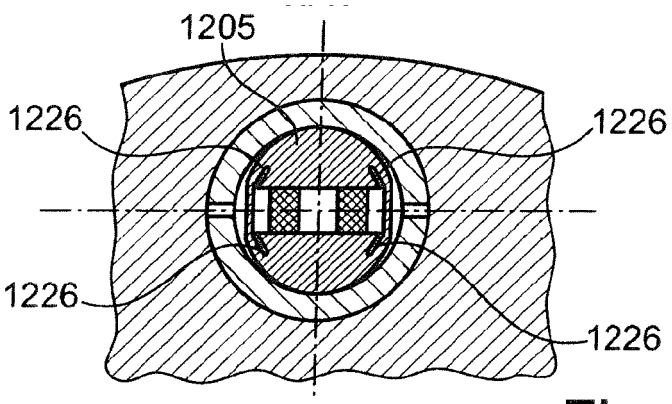

Fig. 11

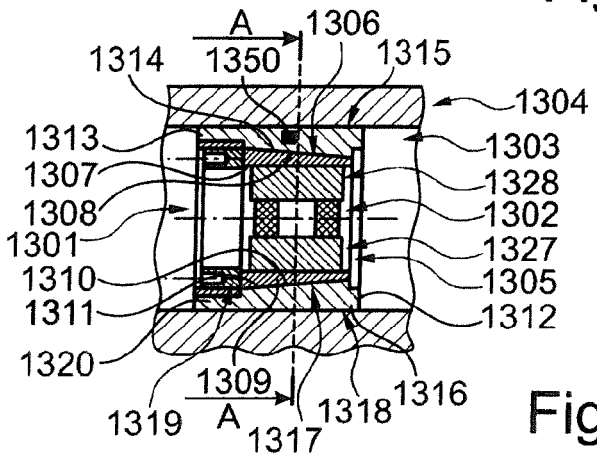

Fig. 12

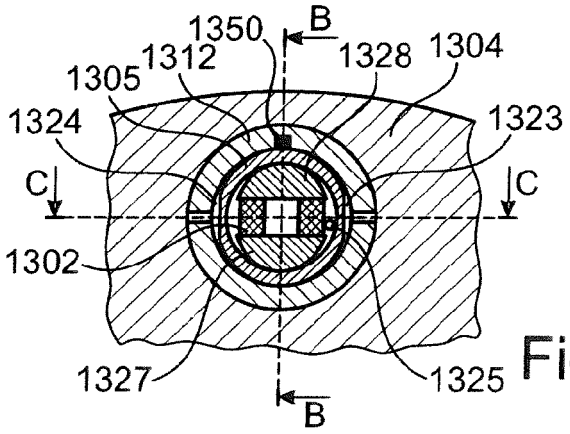

Fig. 13

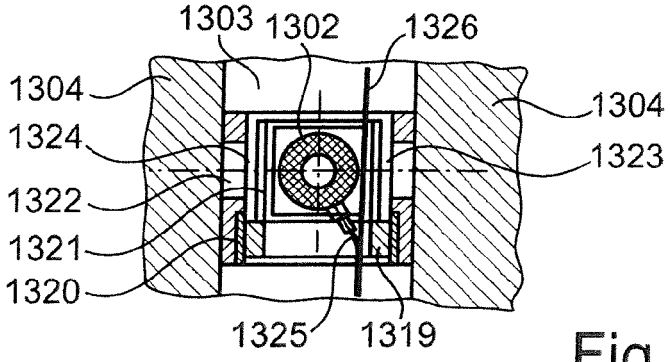

Fig. 14

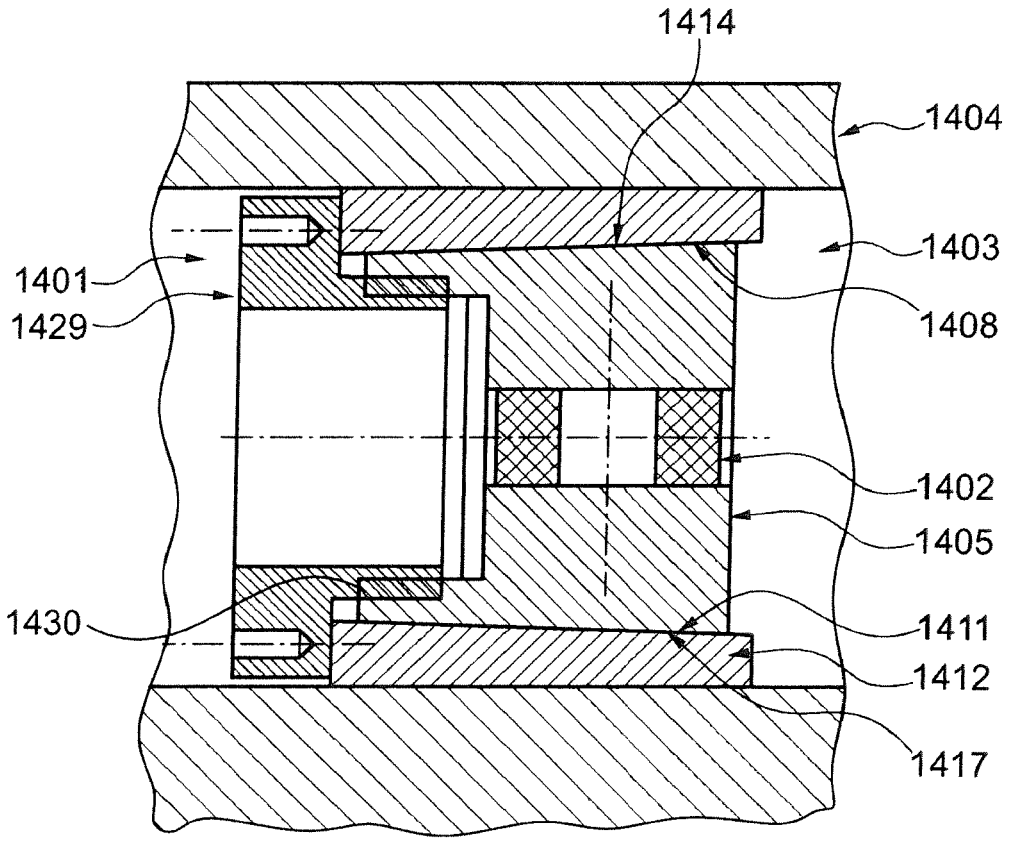

Fig. 15

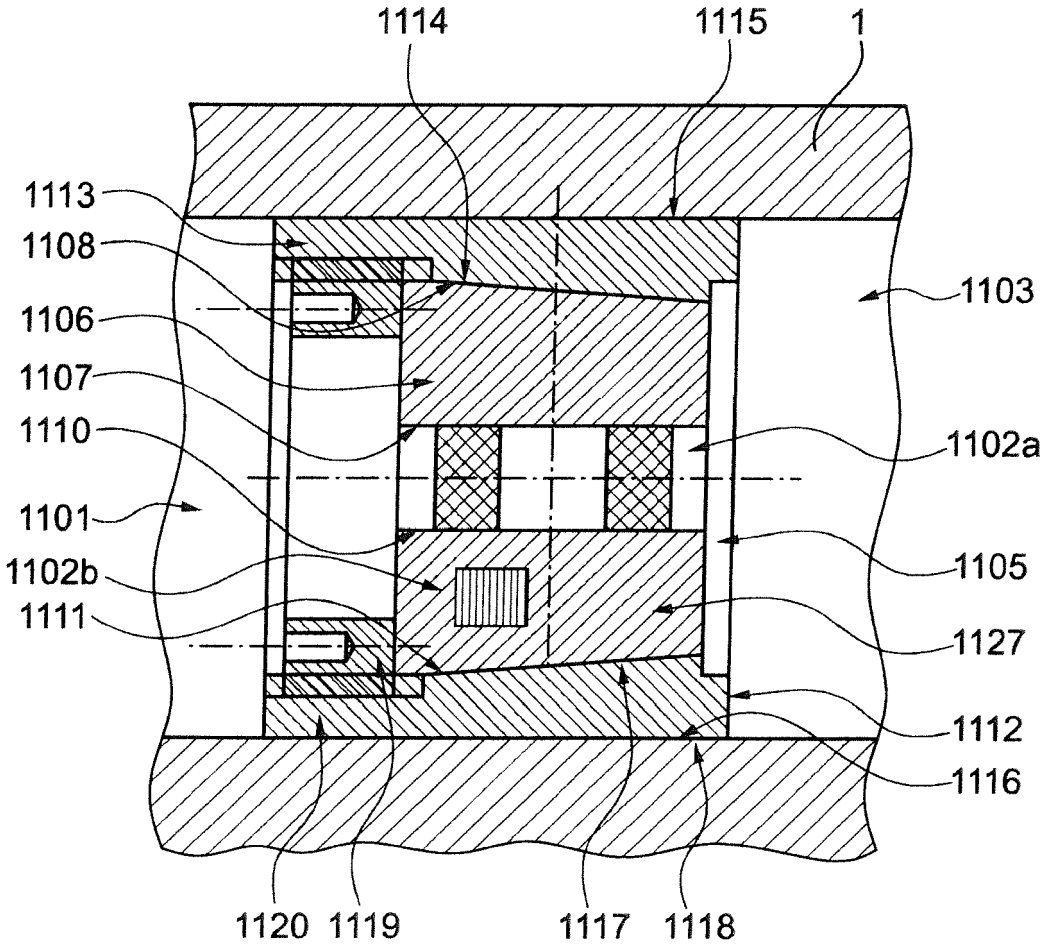
1114
1115
1
1113
1108
1106
1107
1110
1101
1102b
1111
1103
1102a
1105
1127
1112
1116
1120
1119
1117
1118

Fig. 16

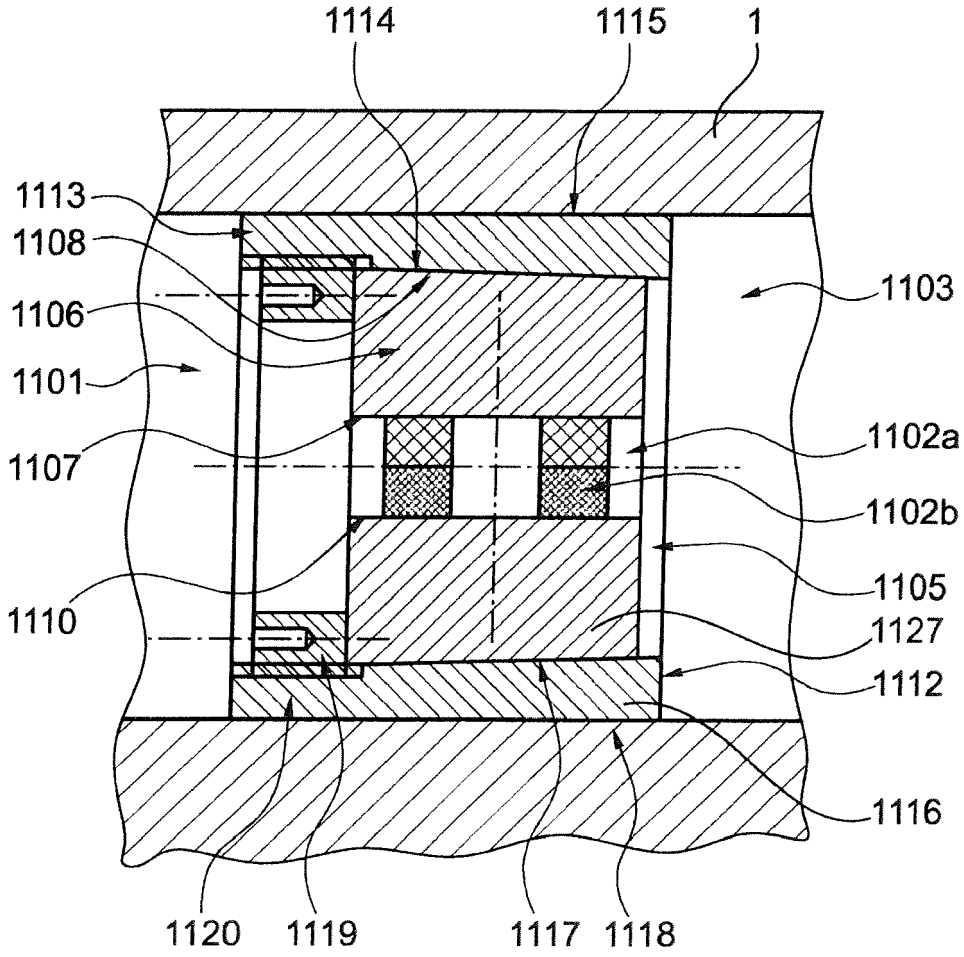
1114
1115
1
1113
1108
1106
1101
1107
1110
1103
1102a
1102b
1105
1127
1112
1116
1120
1119
1117
1118

Fig. 17

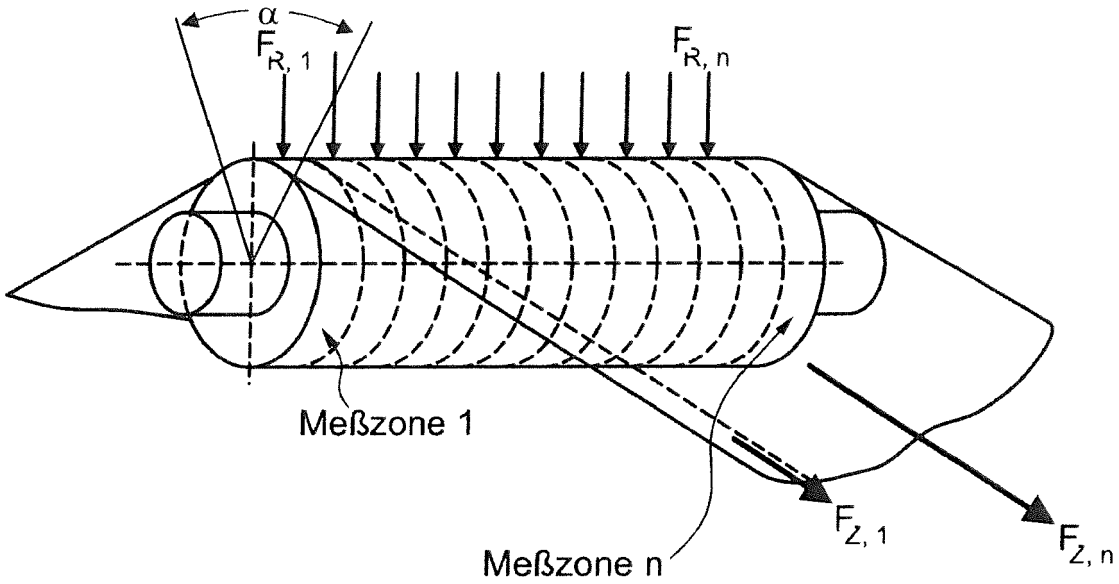

Fig. 18

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 19 2579

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X Y	EP 3 009 206 A1 (BWG BERGWERK WALZWERK [DE]) 20. April 2016 (2016-04-20) * Absatz [0017] - Absatz [0030]; Ansprüche 1-16; Abbildungen 1A,1B,2,3A,3B,4A,4B,5A,5B *	1,2,4-9 3	INV. B21B38/00
Y,D	DE 20 2007 001066 U1 (BETR FORSCH INST ANGEW FORSCH [DE]) 29. Mai 2008 (2008-05-29) * Ansprüche 1-9; Abbildungen 1-3 *	3	
A	US 5 285 684 A (UESUGI KENICHI [JP] ET AL) 15. Februar 1994 (1994-02-15) * Spalte 1, Zeile 22 - Zeile 47; Abbildungen 1-2 *	1-9	
A,D	DE 197 47 655 A1 (BETR FORSCH INST ANGEW FORSCH [DE]) 6. Mai 1999 (1999-05-06) * Ansprüche 1-4; Abbildungen 1-2 *	1	
A	EP 1 759 778 A1 (ACHENBACH BUSCHHUETTEN GMBH [DE]) 7. März 2007 (2007-03-07) * Anspruch 1; Abbildungen 1-4 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B21B G01L
A	WO 2015/149190 A1 (KISTLER HOLDING AG [CH]) 8. Oktober 2015 (2015-10-08) * Seite 6, Zeile 28 - Seite 7, Zeile 14; Abbildungen 1-4,5a,5b,6a,6b *	1	
A	WO 84/02121 A1 (LINDSTRAND YNGVE) 7. Juni 1984 (1984-06-07) * Abbildung 1 *	1	

1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	3. Dezember 2021	Forciniti, Marco

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 21 19 2579

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

03-12-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3009206 A1	20-04-2016	BR 102015026221 A2	19-04-2016
		CN 105522005 A	27-04-2016
		DE 102014115023 A1	21-04-2016
		EP 3009206 A1	20-04-2016
		ES 2640738 T3	06-11-2017
		JP 6435251 B2	05-12-2018
		JP 2016080704 A	16-05-2016
		KR 20160045037 A	26-04-2016
		RU 2015144398 A	24-04-2017
		US 2016109231 A1	21-04-2016
DE 202007001066 U1	29-05-2008	KEINE	
US 5285684 A	15-02-1994	AU 628616 B2	17-09-1992
		CA 2035885 A1	29-01-1991
		JP H0359430 A	14-03-1991
		JP H0748057 B2	24-05-1995
		KR 920701803 A	12-08-1992
		US 5285684 A	15-02-1994
		WO 9102231 A1	21-02-1991
DE 19747655 A1	06-05-1999	KEINE	
EP 1759778 A1	07-03-2007	DE 202005013642 U1	27-10-2005
		EP 1759778 A1	07-03-2007
WO 2015149190 A1	08-10-2015	CH 709459 A1	15-10-2015
		CN 106133492 A	16-11-2016
		EP 3126803 A1	08-02-2017
		JP 6525166 B2	05-06-2019
		JP 2017509894 A	06-04-2017
		US 2017122823 A1	04-05-2017
		WO 2015149190 A1	08-10-2015
WO 8402121 A1	07-06-1984	SE 453487 B	08-02-1988
		WO 8402121 A1	07-06-1984

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4236657 A1 **[0002] [0004]**
- DE 19616980 A1 **[0005]**
- DE 10207501 C1 **[0006] [0007] [0012] [0048] [0049]**
- DE 202007001066 U1 **[0007] [0024]**
- US 20130298625 A1 **[0012]**
- DE 102014012426 A1 **[0012] [0016] [0018] [0023] [0049]**
- DE 202014006820 U1 **[0015]**
- DE 2630410 C2 **[0015]**
- DE 19747655 A1 **[0016]**
- DE 10207501 **[0018]**
- DE 19838457 A1 **[0025]**
- DE 1773551 A1 **[0027]**
- DE 102006003792 A1 **[0087]**