(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. September 2008 (18.09.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/110360 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01L 1/22 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/001986

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. März 2008 (12.03.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 012 157.3 12. März 2007 (12.03.2007) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **BROSA AG** [DE/DE]; Max-Planck-Strasse 6, 88069 Tettnang (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **FUTTERER, Bernd** [DE/DE]; Max-Planck-Weg 6, 88069 Tettnang (DE). **PFEFFER, Otto** [DE/DE]; Biggenmoos 29, 88069 Tettnang (DE).

(74) Anwälte: **WEGENER, Mark** usw.; Witte, Weller & Partner, Postfach 105462, 70047 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MEASUREMENT AXIS HAVING A MODULE DESIGN

(54) Bezeichnung: MODULAR AUFGEBAUTE MESSACHSE

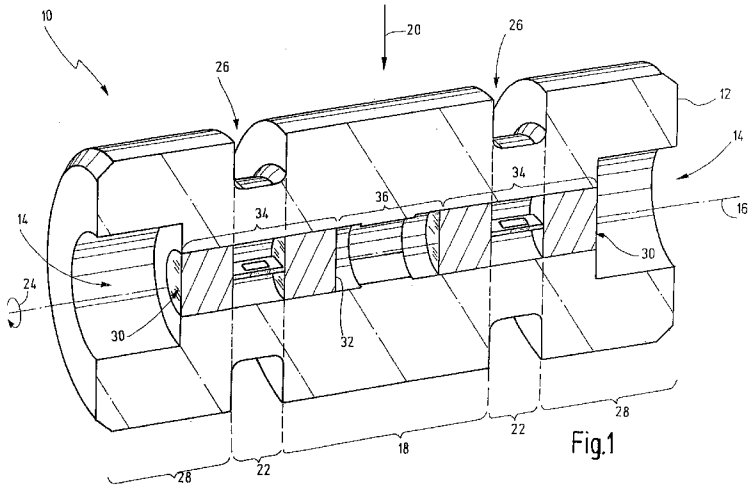

Fig.1

(57) **Abstract:** The invention relates to a modular force transducer system (10) for measuring forces (20) acting substantially transversely on an axis (16), particularly a measurement axis, comprising: a first module comprising an axis body (12) extending along a longitudinal axis (16), the axis body (12) having a force application section (18), at least one bearing section (28), and at least one deformation section (22); and a second module comprising a measuring cell (100; 110; 120) having a measuring cell body (101; 111; 121), the measuring cell body (101; 111; 121) being connected to an electric measurement system (54), characterized in that the second module can be inserted into an axial bore (14) of the first module, and can be non-positively connected to the first module such that with a deformation of the deformation section (22) caused by the application of an outside force, a deformation of the measuring cell body (101; 111; 121) is caused, which is emitted in the form of a corresponding electric signal by means of the electric measurement system (54).

(57) **Zusammenfassung:** Es wird vorgeschlagen ein modulares Kraftaufnehmersystem (10) zum Messen von Kräften (20), die im Wesentlichen quer auf eine Achse (16), insbesondere eine Messachse, wirken, mit: einem ersten Modul, das einen Achskörper (12) umfasst, der sich entlang einer Längsachse (16) erstreckt, wobei der Achskörper (12) einen Krafteinleitungsabschnitt (18), mindestens einen Lagerabschnitt (28) und mindestens

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/110360 A1

PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

einen Verformungsabschnitt (22) aufweist; und einem zweiten Modul, das eine Messzelle (100; 110; 120) mit einem Messzellenkörper (101; 111; 121) umfasst, wobei der Messzellenkörper (101; 111; 121) mit einem elektrischen Messsystem (54) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Modul in eine axiale Bohrung (14) des ersten Moduls einführbar ist und derart kraftschlüssig mit dem ersten Modul verbindbar ist, dass bei einer durch äußere Krafteinwirkung hervorgerufenen Verformung des Verformungsabschnitts (22) eine Verformung des Messzellenkörpers (101; 111; 121) hervorgerufen wird, die in Form eines entsprechenden elektrischen Signals durch das elektrische Messsystem (54) ausgegeben wird.

Modular aufgebaute Messachse

Die vorliegende Erfindung betrifft ein modulares Kraftaufnehmersystem zum Messen von Kräften, die im Wesentlichen quer auf eine Achse, insbesondere eine Messachse, wirken, mit: einem ersten Modul, das einen Achskörper umfasst, der sich entlang einer Längsachse erstreckt, wobei der Achskörper einen Krafteinleitungsabschnitt, mindestens einen Lagerabschnitt und mindestens einen Verformungsabschnitt aufweist; und einem zweiten Modul, das eine Messzelle mit einem Messzellenkörper umfasst, wobei der Messzellenkörper mit einem elektrischen Messsystem verbunden ist.

Gewöhnliche Kraftaufnehmer werden in der EP 0 154 728, der DE 44 07 066 C2 und der DE 21 01 961 A offenbart. Ein weiterer Kraftaufnehmer ist aus der DE 103 02 349 bekannt.

Ein solcher Kraftaufnehmer ist exemplarisch in Figur 5 dargestellte und mit 110 bezeichnet. Der Kraftaufnehmer 110 stellt eine sogenannte Messachse dar. Die Messachse 110 erstreckt sich längs einer Längsachse 116. Sie ist ferner in drei Abschnitte

BESTÄTIGUNGSKOPIE

unterteilt. Ein erster Abschnitt zum Einleiten einer Kraft 120 quer zur Längsachse 116 ist mit 118 bezeichnet. An den Krafteinleitungsabschnitt 118 schließt sich in axialer Richtung jeweils ein Verformungsabschnitt 122 an. Die Verformungsabschnitte 122 weisen einen geringeren Durchmesser als der Krafteinleitungsabschnitt 118 auf. An die Verformungsabschnitte 122 wiederum schließen sich sogenannte Lagerabschnitte 128 an, die von Halteschenkeln 129 mittels Bohrungen 130 gehalten werden. Der Krafteinleitungsabschnitt 118 trägt beispielsweise eine Seilrolle 131, wie sie beispielsweise bei Kränen eingesetzt wird. Über die Seilrolle 131 wird die (Gewichts-)Kraft auf den Krafteinleitungsabschnitt 118 übertragen.

Bei dem in Figur 5 gezeigten Kraftaufnehmersystem 110 sind die Verformungsabschnitte 122 aus dem Vollmaterial des Achskörpers 112 gedreht und gefräst. Bei Einwirkung einer Kraft 120 kommt es in diesen Bereichen zu den größten Verformungen (Biegung/ Stauchung/ Scherung). Diese Verformungen werden wiederum mittels Messzellen 134 in elektrische Signale umgewandelt. Dazu ist eine Messzelle, wie zum Beispiel ein Dehnungsmessstreifen (DMS) vorgesehen. Die Messzelle 134 sitzt in einer Vertiefung, die sich in radialer Richtung, das heißt senkrecht zur Zeichnungsebene der Figur 5, in den Achskörper 112 erstreckt. Die Verdrahtung von (hier nicht dargestellten) DMS erfolgt durch hier nicht dargestellte Bohrungen, die sich im Inneren des Achskörpers 112 befinden, so dass die Signale an einem axialen Ende des Achskörpers 112 über einen Anschluss 132 abgegriffen werden können.

Die für das Funktionieren des Scher- bzw. Biegebalkenprinzips erforderlichen Aussparungen im Bereich der Verformungsabschnitte 122, wo die Messzellen 134 angeordnet sind, sind aufgrund des variierenden Radius und variierenden Bohrungstiefen schwierig herzustellen. Die radialen Vertiefungen für die Messzellen 134 müssen in einem getrennten Arbeitsgang radial in den Achskörper 112 gefräst werden. Gleiches gilt für die nicht dargestellten Bohrungen, um die Messzellen 134 zu verdrahten.

Die Verdrahtung der Kraftmesszellen 134 selbst ist aufwändig, da die Kabel durch Verdrahtungsbohrungen geringen Durchmessers hindurchgeführt werden müssen, um sie z.B. mit dem Anschluss 132 zu verbinden.

Ein weiteres Problem stellt die Versiegelung bzw. der Verschluss der Messzellen 134 gegenüber der Außenwelt dar. Grundsätzlich sind die Messzellen 134 äußeren Einflüssen, wie zum Beispiel Stößen oder wechselndem Wetter, ausgesetzt. Ist eine Messzelle 134 nicht ausreichend gegenüber der Außenwelt abgedichtet, so kann Wasser in die Messzelle 134 eindringen und den Betrieb derselben stören oder diese sogar zerstören.

Ein anderes Problem stellt die Anbringung der DMS in den radialen Bohrungen dar. Die radialen Vertiefungen weisen in der Regel einen relativ kleinen Durchmesser auf bzw. sind relativ tief, so dass sich das Verkleben von Folien-DMS aufgrund des geringen zur Verfügung stehenden Raumes problematisch und aufwändig gestaltet.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Kraftaufnehmersystem bereitzustellen, welches deutlich einfacher und kostengünstiger herzustellen ist. Insbesondere soll die Messzelle gegenüber äußeren Einflüssen geschützt sein. Sollten Folien-DMS verwendet werden, die geklebt werden müssen, so sollen diese einfach in den Kraftaufnehmerkörper einzubauen sein.

Diese Aufgabe wird durch ein modulares Kraftaufnehmersystem gelöst, wobei das System versehen ist mit einem ersten Modul, das einen Achskörper umfasst, der sich entlang einer Längsachse erstreckt, wobei der Achskörper einen Krafteinleitungsabschnitt, mindestens einen Lagerabschnitt und mindestens einen Verformungsabschnitt aufweist; und mit einem zweiten Modul, das eine Messzelle mit einem Messzellenkörper umfasst, wobei der Messzellenkörper mit einem elektrischen Messsystem verbunden ist, wobei das zweite Modul in eine axiale Bohrung des ersten Moduls einführbar ist und derart kraftschlüssig oder formschlüssig mit dem ersten Modul verbindbar ist, dass bei einer durch äußere Kraftwirkung hervorgerufenen Verformung des Verformungsabschnitts des Achskörpers eine Verformung des Messzellenkörpers hervorgerufen wird, die in Form eines entsprechenden elektrischen Signals durch das elektrische Messsystem ausgegeben wird.

Bei dem Achskörper gemäß der vorliegenden Erfindung sind im Gegensatz zu Achskörpern gemäß dem Stand der Technik keine radialen Bohrungen mehr erforderlich. Stattdessen wird lediglich eine axiale Bohrung vorgesehen, die fertigungstechnisch einfacher als Radialbohrungen herzustellen ist, weil der Achskörper in einer Aufspannung lediglich gedreht wird. Der Messzellenkörper wird anschließend in die axiale Bohrung eingeführt, wobei die Abmessungen der Bohrung und der Messzelle derart gewählt sind, dass sie kraftschlüssig miteinander verbindbar sind. Die Messzelle befindet sich dann im Inneren des Achskörpers und ist gegenüber äußeren Einflüssen geschützt. Ferner kann die Messzelle bereits außerhalb der Messzelle präpariert werden. Die Messzelle sowie deren Verdrahtung kann außerhalb des Achskörpers montiert bzw. vorbereitet werden. Anschließend wird die bereits verdrahtete Messzelle in den Achskörper eingeführt, was eine erhebliche Vereinfachung darstellt.

Außerdem ist es bevorzugt, wenn der Achskörper den Messzellenkörper im eingeführten Zustand relativ zur Längsachse in Umfangsrichtung umgibt.

Da die zu messende Kraft in der Regel im Wesentlichen senkrecht zur Längsachse des Achskörpers wirkt, können Verformungen am besten auf die Messzelle übertragen werden, wenn diese vorzugsweise entlang ihrer gesamten Längserstreckung in Umfangsrichtung vollständig vom Achskörper umgeben wird. Die Kraftübertragung erfolgt dann direkt im Inneren des Achskörpers, was die Zuverlässigkeit der Sensorik, die in der Regel auf dem Scher- bzw. Biegebalkenprinzip beruht, erhöht.

Ferner hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die axiale Bohrung konzentrisch zur Längsachse angeordnet ist.

Im Falle einer konzentrischen Bohrung kann für die Messzelle eine Kraftmesssensorik verwendet werden, die in der Lage ist, eine Richtung der Krafteinwirkung zu bestimmen. Da sich die axiale Bohrung in der Mitte des Achskörpers befindet, herrscht die für eine richtungsabhängige Kraftmessung erforderliche Symmetrie.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform liegt die axiale Bohrung im Bereich des Verformungsabschnitts.

Wie bereits oben erwähnt, ist die mechanische Verformung im Bereich des Verformungsabschnitts am größten. Wird die Messzelle genau in diesem Bereich des Achskörpers angeordnet, so erhöht sich die Empfindlichkeit der Kraftmesssensorik.

Ferner ist es bevorzugt, wenn die axiale Bohrung durch den Achskörper hindurch verläuft.

Bei dieser Ausgestaltung ist es möglich, die Messzelle von beiden Seiten des Achskörpers einzuführen. Ferner ermöglicht dies die Einführung einer weiteren Messzelle, ohne dass die erste Messzelle zum Ein- oder Ausbau der weiteren Messzelle ein- und ausgebaut werden muss.

Vorzugsweise weist die axiale Bohrung axiale Abschnitte mit unterschiedlichen Durchmessern auf.

Im Falle einer durchgehenden axialen Bohrung kann die axiale Bohrung in einem mittleren Bereich relativ zur Längsachse des Achskörpers einen geringeren Durchmesser als die Messzelle aufweisen. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die Messzelle nicht in den mittleren Bereich der axialen Bohrung einführbar ist. Im mittleren Bereich der axialen Bohrung finden in der Regel nur geringe mechanische Verformungen statt, so dass der mittlere Bereich des Achskörpers für die Messung von Kräften, die auf dem Biegebalkenprinzip beruht, relativ uninteressant ist.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst die axiale Bohrung einen Abschnitt, der zur Aufnahme der Messzelle bestimmt ist und konisch ausgebildet ist.

Die konische Ausbildung der axialen Bohrung erlaubt, bei einem entsprechend ausgebildeten Messzellenkörper, eine flächige Verbindung zwischen dem Messzellenkörper und dem Achskörper, wenn die Messzelle in die axiale Bohrung eingeführt ist. Je stärker der Messzellenkörper in den Achskörper gepresst wird, desto besser ist die Flächenverbindung und desto besser ist somit die Kraftübertragung vom Achskörper auf die Messzelle. Dies wiederum erhöht die Empfindlichkeit sowie die Zuverlässigkeit des gesamten Kraftmesssystems.

Vorzugsweise ist die Messzelle hantelförmig ausgebildet. Insbesondere weist der hantelförmige Messzellenkörper zwei Hantelköpfe und ein Brückenelement auf, wobei das Brückenelement die Hantelköpfe in axialer Richtung verbindet.

Die Hantelform ist ideal für das Biegebalken- oder Scherprinzip. Das Brückenelement lässt sich einfach verbiegen bzw. scheren und dient insbesondere deswegen auch als Anbringungsort für die Kraftmesssensorik. Bildhaft gesprochen stellt die hantelförmige Messzelle selbst eine Messachse dar, die wiederum in eine größere äußere Messachse axial einführbar ist.

Als vorteilhaft hat sich herausgestellt, wenn der Messzellenkörper einstückig ausgebildet ist.

Bei einstückiger Ausbildung des Messzellenkörpers lässt sich das Brückenelement zwischen den Hantelköpfen auf einfache Weise herstellen. Die Hantelköpfe können beispielsweise zylinderförmig, und bevorzugt konisch, ausgebildet sein, so dass der Messzellenkörper selbst aus Rundmaterial herstellbar ist. Rundmaterial ist kostengünstig und einfach lagerbar.

Alternativ können die Hantelköpfe und das Brückenelement modular ausgebildet sein. Insbesondere weisen dann die sich gegenüberliegenden Stirnflächen der Hantelköpfe jeweils eine Aussparung zur formschlüssigen Aufnahme des Brückenelements auf.

Ist die Messzelle selbst modular aufgebaut, kann der gesamte Kraftaufnehmer aus einem beliebig variierbaren Baukastensystem gewählt werden.

Je nach Anforderung (zum Beispiel unterschiedliche Messbereiche) können unterschiedlich stark ausgebildete Komponenten verwendet werden. Der modulartige Aufbau der Messzelle selbst ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Kraftmesssensorik mittels Sputter-Technik auf das Brückenelement aufgebracht wird. Im zusammengebauten Zustand der Hanteln lässt sich die Sputter-Technik nur schwer auf das Brückenelement anwenden, was sich schlimmstenfalls in einer nicht ausreichend homogenen Oberflächenbeschaffenheit des Brückenelements bzw. der mittels der Sputter-Technik herzustellenden Sensorik äußert.

Insbesondere wenn die Sputter-Technik zur Herstellung der Kraftmesssensorik verwendet wird, das heißt wenn Dehnungsmessleitungen atomarer Größenordnung gewünscht sind, werden bevorzugt Plättchen als Brückenelement verwendet. Die Plättchen lassen sich auf einfache Weise in entsprechende Aussparungen in den Stirnseiten der Handelköpfe einführen. Das Plättchen selbst weist eine ausreichend große Fläche auf, um die Sputter-Technik zufriedenstellend anwenden zu können.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Brückenelement einen kreuzförmigen Querschnitt auf.

Mit einem kreuzförmigen Querschnitt lassen sich mehrere Kraftmesssensoren auf den jeweiligen Flächen des Brückenelements anordnen. Flächen, die in ein und derselben Ebene liegen, können zur Bestimmung einer Kraftkomponente in einer ersten Richtung verwendet werden. Die Sensoren, die auf der anderen Ebene angeordnet sind, können zur Bestimmung einer zweiten Kraftkomponente verwendet werden, die um 90° zur ersten Kraftkomponente gedreht orientiert ist.

Weiterhin ist es von Vorteil, wenn das Brückenelement vierkantförmig und innen hohl ausgebildet ist. Mit einem vierkantförmigen Brückenelement lassen sich sowohl (richtungsabhängig) Biegekräfte als auch Scherkräfte hervorragend messen.

Für die Messung von Torsionskräften ist insbesondere die Verwendung eines zylinderförmigen Brückenelements vorteilhaft. Mit Hilfe eines Massivzylinders lassen sich hervorragend Verwindungskräfte von einer Stirnfläche her zur anderen Stirnfläche hin übertragen. In diesem Fall wird die Kraftmesssensorik an der Außenseite des Zylinders angebracht, um die mechanische Verformung des zylinderförmigen Brückenabschnitts gut detektieren zu können. Je größer der Radius des Brückenelements ist, desto geringer ist die Verwindungssteifigkeit, d.h. das Drehmoment nimmt zu.

Vorzugsweise ist die Messzelle (z.B. DMS) im Bereich der Mitte in axialer Richtung angeordnet, so dass auch bei Einwirkung einer Torsionskraft gar kein bzw. nur ein geringes Drehmoment übertragen wird.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind zwei Messzellen vorgesehen, die jeweils in eine axiale Bohrung einführbar sind.

Durch das Vorsehen von zwei Messzellen ist man richtungsunabhängig, insofern dass die Messrichtung variabel durch die Positionierung eingestellt werden kann. Es ist dadurch auch möglich Messachsen in X- und Y-Messrichtung herzustellen.

Vorzugsweise sind die zwei Messzellen in zwei axiale Bohrungen einführbar, die sich von den Stirnflächen des Achskörpers in Richtung des Achsinneren konzentrisch zur Längsachse erstrecken.

Alternativ können an ein und derselben Stirnfläche zwei koaxiale Bohrungen vorgesehen werden.

Die Verbindung zwischen dem ersten Modul, das den Achskörper umfasst, und dem zweiten Modul, das die Messzelle (mit eigenem Messzellenkörper) umfasst, erfolgt vorzugsweise kraftschlüssig. Eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Messzelle und Achskörper ist insofern von Vorteil, dass das Messzellenmodul einfach in das Achsmodul eingebaut werden kann, wobei geringere Anforderungen an die Genauigkeit der äußeren Kontur gestellt werden können. Die äußere Gestalt des Messzellenmoduls muss nicht mehr zwingend annähernd identisch zur Gestalt der axialen Bohrung im Achskörpermodul sein, da die Kraftübertragung (während einer Messung) nicht mehr (ausschließlich) über die Flächenverbindung, sondern über den Kraftschluss zwischen den beiden Modulen erfolgt. Ein großer Vorteil ist also darin zu sehen, dass die Anforderungen an die Herstellungsgenauigkeit geringer werden. Weiter wird der Einbau auch erleichtert. Gleiches gilt für Wartungen und einen Austausch des Messzellenmoduls.

Vorzugsweise weist der Messzellenkörper mindestens einen ersten Befestigungsabschnitt sowie einen Verformungsabschnitt auf. Der Messzellenkörper kann ferner einen zweiten Befestigungsabschnitt aufweisen. Der Verformungsabschnitt ist insbesondere in axialer Richtung zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsabschnitt angeordnet. Ferner trägt er das elektrische Messsystem.

Ein derartiger Aufbau ermöglicht eine einfache Implementierung des Scher- bzw. Biegebalkenprinzips.

Ferner ist es von Vorteil, wenn die Befestigungsabschnitte Bohrungen in axialer Richtung zur Aufnahme von vorzugsweise Schrauben aufweisen, wobei die Bohrungen so angeordnet sind, dass sie sich, in axialer Richtung betrachtet, nicht überdecken und in axialer Richtung gleichzeitig zugänglich sind.

Somit ist gewährleistet, dass das Messzellenmodul einfach mit dem Achskörpermodul verschraubt werden kann. Das Einsetzen der Schrauben wird dadurch vereinfacht, dass alle Bohrungen frei zugänglich sind, insbesondere gleichzeitig frei zugänglich

sind. Deshalb ist es auch egal, in welcher Reihenfolge die Schrauben eingesetzt werden. Notfalls können auch nur einzelne Schrauben ausgetauscht werden. Sollte es erforderlich sein, können einzelne Schrauben auch nachgezogen werden, um die kraftschlüssige Verbindung zwischen dem Messzellenmodul und dem Achskörpermodul sicherzustellen.

Auch ist es von Vorteil, wenn die Bohrungen im Messzellenkörper gewindefrei sind.

So umgeht man Probleme, die auf ein Spiel in axialer Richtung aufgrund des Gewindespiels zurückzuführen sind.

Insbesondere ist es bevorzugt, wenn die Befestigungsabschnitte im Wesentlichen senkrecht zur axialen Richtung orientiert sind.

Dies erleichtert den Einbau des Messzellenmoduls in den Achskörper. Es kann in axialer Richtung unter Vermeidung von Anstellwinkeln eingebaut werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Befestigungsabschnitte entweder parallel versetzt oder senkrecht zueinander orientiert.

Auch diese Maßnahme ermöglicht es, dass die verschiedenen Schrauben jederzeit zugänglich sind und einzeln ausgetauscht werden können. Bei Sicherung über Kreuz lassen sich auch Torsionskräfte gut übertragen. Eine gute verteilte Anordnung der Schrauben ist von Vorteil.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist der Verformungsabschnitt plättchenförmig ausgebildet. Er weist insbesondere eine geringere Stärke als die Befestigungsabschnitte auf.

Diese Maßnahme erhöht die Empfindlichkeit des Gesamtmesssystems.

Ferner ist es bevorzugt, wenn eine Form bzw. Gestalt der axialen Bohrung des Achskörpers so gewählt ist, dass das zweite Modul von außen eingeführt werden kann, wobei die Form der axialen Bohrung des Achskörpers so gewählt ist, dass zumindest einer der Befestigungsabschnitte formschlüssig aufgenommen wird.

Insbesondere wird auch der andere Befestigungsabschnitt zumindest teilweise formschlüssig aufgenommen.

Bei dieser Ausgestaltung kommt es zu einer Kraftübertragung sowohl aufgrund eines Formschlusses als auch eines Kraftschlusses, so dass jederzeit gewährleistet ist, dass das elektrische Messsystem auch tatsächlich ein Signal erzeugt, das durch eine Verformung des Gesamtsystems hervorgerufen wird.

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Messachse, die in Längsrichtung geschnitten dargestellt ist;

Figuren 2A-C verschiedene Darstellungen einer Messzelle gemäß der vorliegenden Erfindung;

Figuren 3A-C verschiedene Ausgestaltungen eines Brückenelements einer Messzelle gemäß der vorliegenden Erfindung;

Figur 4 eine Schnittansicht eines Achskörpers mit konisch ausgestalteter axialer Bohrung und konischer Messzelle gemäß der vorliegenden Erfindung;

Figur 5 eine perspektivische Ansicht einer Messachse gemäß dem Stand der Technik;

Figuren 6A-D eine Vorderansicht, Seitenansicht, Draufsicht bzw. perspektivische Ansicht einer abgewandelten Messzelle gemäß der vorliegenden Erfindung;

Figuren 7A-D eine Vorderansicht, Seitenansicht, Draufsicht bzw. perspektivische Ansicht einer weiteren abgewandelten Messzelle gemäß der vorliegenden Erfindung; und

Figur 8A-D eine Vorderansicht, Seitenansicht, Draufsicht bzw. perspektivische Ansicht einer noch weiter abgewandelten Messzelle gemäß der vorliegenden Erfindung.

In den nachfolgenden Figuren werden gleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet werden.

In Figur 1 ist eine Messachse bzw. ein Kraftaufnehmersystem 10 in perspektivischer Ansicht dargestellt.

Die Messachse 10 weist einen Messachsenkörper 12 mit einer konzentrischen axialen Bohrung 14 auf. Die axiale Bohrung 14 erstreckt sich entlang einer Längsachse 16.

Der Messachsenkörper 12 umfasst des Weiteren einen Krafteinleitungsabschnitt 18, auf den gewöhnlicherweise eine mit einem Pfeil 20 symbolisierte Kraft im Wesentlichen senkrecht zur Längsachse 16 auf die Messachse 10 wirkt. An den Kraftein-

leitungsabschnitt 18 schließen sich Verformungsabschnitte 22 an. Der Achskörper 12 ist dort in umfängliche Richtung 24 weniger stark ausgebildet als im Krafteinleitungsbereich 18. Der Achskörper 12 kann zum Beispiel aus Rundmaterial hergestellt werden, in das rundumlaufende Nuten 25 gefräst oder gedreht werden, um die Verformungsabschnitte 22 auszubilden.

An die Verformungsabschnitte 22 wiederum schließen sich Lagerabschnitte 28 an, die zur Aufnahme in entsprechend ausgebildeten Halteelementen, wie sie exemplarisch in Figur 5 bereits dargestellt sind, geeignet sind.

Es ist festzustellen, dass die Messachse 10 mit jeweils mindestens einem Verformungsabschnitt 22 und mindestens einem Lagerabschnitt 28 ausgebildet ist.

Was die axiale Bohrung 14 betrifft, so kann deren Durchmesser im Lagerabschnitt 28 in Richtung der äußeren Stirnseiten der Messachse 10 stufenartig oder kontinuierlich variieren. Im Bereich der Verformungsabschnitte 22 und des Krafteinleitungsabschnitts 16 weist der Durchmesser üblicherweise einen konstanten Wert auf. Der Durchmesser entspricht dabei im Wesentlichen dem Durchmesser einer Messzelle 30, die einen Messzellenkörper 32 umfasst. Auf die Form des Messzellenkörpers 32 wird in Zusammenhang mit Figuren 2A bis 2C noch detailliert Bezug genommen.

Im Bereich der inneren axialen Bohrung 14 ist diese bei der Ausgestaltung gemäß der Figur 1 in drei Abschnitte unterteilt. Die axiale Bohrung 14 weist zwei Messzellenabschnitte 34 sowie einen Mittelabschnitt 36 auf. Der Durchmesser der Messzellenabschnitte 34 entspricht dabei, wie bereits oben erwähnt, nahezu dem Durchmesser der Messzelle. Der Durchmesser des Mittelabschnitts 36 kann wiederum variieren. Vorzugsweise nimmt der Durchmesser im Mittelabschnitt 36 nochmals ab, so dass sich eine Stufe im Mittelabschnitt 36 ausbildet, die als mechanischer Anschlag für die Messzellen 30 dient.

Bezug nehmend auf Figuren 2A - C ist eine weitere Ausführungsform einer Messzelle 30' gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt. Figur 2A zeigt eine Schnittansicht, ähnlich zu dem in Figur 1 dargestellten Schnitt. Figur 2B zeigt eine Draufsicht auf ein mittleres Element der Messzelle 30'. Figur 2C zeigt eine Vorderansicht einer Stirnseite der Messzelle 30' entlang der Längsachse 16.

In Figur 2A ist in der seitlichen Schnittansicht links ein Hantelkopf 40 und rechts ein Hantelkopf 42 dargestellt. Die beiden Hantelköpfe 40 und 42 werden mittels eines Brückenelements 44 miteinander verbunden. Die Messzelle 30' kann sowohl einteilig als auch mehrteilig ausgebildet sein. Bei der Ausgestaltung gemäß der Figur 2A ist ein mehrteiliger Aufbau gezeigt.

In sich gegenüberliegenden Stirnflächen 46 und 48 der Hantelköpfe 40 bzw. 42 sind entsprechende Aussparungen 50 (vgl. auch Figur 2C) dargestellt, die zur Aufnahme des plättchenförmigen Brückenelements 44 geeignet sind.

Das plättchenförmige Element 44 ist in Figur 2B in Draufsicht schematisch dargestellt. In einem mittleren Bereich 52 des Brückenelements 44 ist ein Kraftmesssensor 54 angeordnet. Der Kraftmesssensor 54 wird hier durch zwei Folien-DMS 56 und 58 realisiert. Aus Gründen der Redundanz sind zwei DMS vorgesehen. Ein DMS (Vollbrücke) würde jedoch ausreichen.

Der mehrteilige Aufbau der Messzelle 30' hat den Vorteil, dass das plättchenförmige Brückenelement 44 nicht nur mit Folien-DMS 56 und 58 beklebt werden kann, sondern dass auch Sputter-Techniken angewendet werden können. Die Fläche des plättchenförmigen Brückenelements 44 ist ausreichend groß, um einen Ionenstrahl bei der Sputter-Technik präzise führen zu können, damit eine homogene Verteilung auf der Oberfläche erzielt wird, die bei einer einstückig ausgebildeten Messzelle nicht erreichbar wäre, da unter Umständen die Hantelköpfe 40 und 42 im Weg wären. Alternativ könnten gesputterte Zellen auch aufgeschweißt werden.

Zurückkehrend zur Figur 2A können die Hantelköpfe 40 und 42 zusätzlich auch mit Rillen bzw. Vertiefungen 60 versehen sein, die sich in Umfangsrichtung 24 erstrecken. Die Rillen 60 dienen u.a. zur Aufnahme von O-Ringen 62. Ferner kann Klebstoff in die Rillen 60 eingefügt werden, um die Messzelle 30' mit dem Achskörper 12 zu verkleben. Auf diese Weise erhält man eine sichere Fixierung der Messzelle 30' im Achskörper 12. Die O-Ringe 62 dichten dann die Messzelle gegenüber der Außenwelt ab. Die Messzelle ist dann vor äußeren Einflüssen geschützt.

In den Figuren 3A bis 3C sind weitere Querschnittsformen für das Brückenelement 44 gezeigt. So zeigt Figur 3A einen kreuzförmigen Querschnitt, Figur 3B einen (massiven) kreisförmigen Querschnitt und Figur 3C einen vierkantförmigen Querschnitt, der innen hohl ist. Die Kraftmesssensorik lässt sich an den jeweiligen Außenflächen anbringen.

Die massive zylindrische Form des Brückenelements 44 der Figur 3B hat sich insbesondere bei der Messung von Scherkräften als vorteilhaft herausgestellt.

Figur 4 zeigt eine weitere Möglichkeit, wie eine Messzelle 30'' gemäß der vorliegenden Erfindung zuverlässig mit einem Achskörper 12'' verbunden werden kann.

Figur 4 zeigt eine Schnittansicht entlang der Längsachse 16. Die Messzelle 30'' ist in die axiale Bohrung 14'' eingeführt. Die axiale Bohrung 14'' ist im Messzellenabschnitt 34'' konisch ausgebildet. Um dies besser grafisch darstellbar machen zu können, ist eine Hilfslinie 70 eingezeichnet, die den „normalen" Verlauf einer zylindrischen Axialbohrung zeigt (vgl. Figur 1).

Damit die Messzelle 30'' in die axiale Bohrung 14'' einführbar ist, sind die Hantelköpfe 40'' und 42'' ebenfalls entsprechend konisch ausgebildet.

An den Messzellenabschnitt 34 der axialen Bohrung 14'' schließt sich ein Gewindeabschnitt 72 mit einem Gewinde 74 an. Der Gewindeabschnitt 72 dient zur Aufnah-

me eines Sperrkörpers 76, der außenumfänglich ebenfalls mit einem entsprechenden Gewinde 78 versehen ist.

Mit Hilfe des Sperrkörpers 76 lässt sich die Messzelle 30'' auf einfache Weise ins Innere der axialen Bohrung 14 pressen. Ferner ist die Messzelle 30'' gegen ein Herausfallen gesichert.

Um die Verdrahtung einer Kraftmesssensorik 54 durchführen zu können, weisen sowohl der Sperrkörper 76 als auch die Messzelle 30'' vorzugsweise entsprechende Durchführungen 80 bzw. 82 auf.

Es versteht sich, dass man die Messzelle auch auf andere Art und Weise mit dem Achskörper verbinden kann. Die Messzelle könnte beispielsweise auch mit dem Achskörper verschweißt werden. Der Sperrkörper wäre dann überflüssig. Die Schweißnaht würde die Messzelle sichern.

Ferner kann das erfindungsgemäße modulare Kraftaufnehmersystem auch Anwendung bei Kraftmessdosen bzw. -ringen, Messlaschen und ähnlichen Kraftmesssystemen finden.

Nachfolgend werden Abwandlungen der Messzelle beschrieben werden, wobei am modularen Gedanken festgehalten wird, d.h. die Messzelle wird weiterhin außerhalb der Messachse präpariert (Verklebung, Verdrahtung, etc.) und anschließend in den Achskörper eingeführt, um das Gesamtsystem zu vervollständigen.

Abweichend von dem bisher vorgeschlagenen Lösungsweg, das erste Modul (Messachsenkörper) formschlüssig mit dem zweiten Modul (Messzelle) zu verbinden, werden nachfolgend verschiedene Messzellentypen im Zusammenhang mit den Figuren 6 bis 8 erläutert werden. Es versteht sich, dass die axiale Bohrung 14 im Achskörper 12 - was ihre Gestalt betrifft - entsprechend abgewandelt wird. Eine Abwandlung der Ausgestaltung der axialen Bohrung 14 des Achskörpers 12 ist nachfolgend nicht

graphisch dargestellt, jedoch für einen Fachmann ohne weiteres aufgrund der bisher vorliegenden Beschreibung nachvollziehbar.

Figur 6A zeigt eine Vorderansicht einer ersten abgewandelten Messzelle 100 zur kraftschlüssigen Verbindung mit dem Messachsenkörper 12. Figur 6B zeigt eine Seitenansicht der Figur 6A. Figur 6C zeigt eine Draufsicht auf die erste Abwandlung gemäß den Figuren 6A und 6B. Figur 6B zeigt eine perspektivische Ansicht der ersten Abwandlung der Messzelle 100.

Die Messzelle 100 umfasst einen Messzellenkörper 101. Der Messzellenkörper 101 weist einen Verformungsabschnitt 102 sowie einen ersten Befestigungsabschnitt 104 und einen zweiten Befestigungsabschnitt 106 auf. Der Verformungsabschnitt 102 ist zwischen dem ersten Befestigungsabschnitt 104 und dem zweiten Befestigungsabschnitt 106 angeordnet. Auch hier ist die lichte Länge des Verformungsabschnittes 102 (vgl. lichte Länge des Brückenelements 44 der Figur 2) vorzugsweise so lang wie die axiale Länge des Verformungsabschnitts 22 des Messachsenkörpers 12 (vgl. z.B. Figur 4). Auch hier kann der Messzellenkörper 101 einstückig oder mehrteilig aufgebaut sein. Der Verformungsabschnitt trägt das elektrische Messsystem, wie in den Figuren 6A und 6B durch exemplarische Folien-DMS 56 angedeutet.

In Figur 6B ist die axiale Richtung mittels eines Pfeils 130 angedeutet. Die Messzelle 100 wird in Richtung des Pfeils 130 in axialer Richtung in den Messzellenkörper 12 eingebaut (vgl. Figur 1). Der Pfeil 130 ist dabei parallel zur Längsachse 16 der Figur 1 orientiert.

Die Messzelle 100 der Figur 6 umfasst eine Vielzahl von in axialer Richtung verlaufenden Bohrungen 108 (vgl. Figuren 6C und 6D). Diese sind vorzugsweise gewindefrei. Durch die Bohrungen bzw. Öffnungen 108 laufen - im eingebauten Zustand der Messzelle 100 - beispielsweise Schrauben, die in entsprechende Öffnungen im Messachsenkörper eingreifen (nicht dargestellt). Dazu weist auch der Messachsenkörper 12 entsprechende Gewindebohrungen auf.

Im ersten Befestigungsabschnitt 104 sind exemplarisch vier Bohrungen 108 vorgesehen. Im zweiten Befestigungsabschnitt 106 sind hier zwei Bohrungen 108 vorgesehen. Die Bohrungen 108 des ersten Befestigungsabschnittes 104 sind im Wesentlichen entlang Parallelen zu einer Hilfslinie 103 orientiert. Die Bohrungen 108 des zweiten Befestigungsabschnittes 106 sind entlang einer Hilfslinie 105 angeordnet. Die Hilfslinie 105 verläuft im Wesentlichen senkrecht zur Hilfslinie 103 (vgl. Figur 6D). Die Hilfslinien 103 und 105 wiederum stehen vorzugsweise senkrecht auf der Längsachse 16 (vgl. Figur 1) bzw. dem senkrechten Pfeil 130.

In Figur 6D erkennt man deutlich, dass der erste Befestigungsabschnitt 104 wesentlich breiter ausgebildet ist (nahezu doppelt so breit) wie der zweite Befestigungsabschnitt 106. Dies hat den einfachen Grund, um eine größere Fläche zum Vorsehen von mehreren Bohrungen 108 bereitzustellen. In der Draufsicht der Figur 6C ist deutlich zu erkennen, dass alle Bohrungen 108 gleichzeitig zugänglich sind, so dass bei einem Einbau der Messzelle 100 in einen Messachsenkörper alle Schrauben gut zugänglich sind. Es versteht sich, dass die Kontur der axialen Bohrung 14 (vgl. Figur 1) entsprechend an die Form der Befestigungsabschnitte 104 und 106 angepasst ist.

Die Form der axialen Bohrung 14 ist für den Befestigungsabschnitt 106 vorzugsweise so gewählt, dass dieser formschlüssig aufgenommen wird. Der Verformungsabschnitt 102 ist im eingebauten Zustand vorzugsweise vollständig im Bereich des Verformungsabschnitts 22 der Messachse angeordnet. Die axiale Bohrung 14 hat im Bereich des Verformungsabschnitts 102 mindestens die Breite desselben, so dass der Verformungsabschnitt 102 vorzugsweise nicht mit dem Messachsenkörper 12 in Berührung steht. Dazu kann der Verformungsabschnitt 102 entsprechende seitliche Ausnehmungen aufweisen, wie es exemplarisch in der Figur 6A angedeutet ist.

Der Durchmesser der Bohrung 14 nimmt dann - je weiter man axial nach außen geht - weiter zu, um beim Einführen der Messzelle 100 einen Anschlag für den ersten Befestigungsabschnitt 104 zu bilden. In diesem Bereich sind ebenfalls Bohrungen im Messachsenkörper 12 vorzusehen, die deckungsgleich mit den Bohrungen 108 der Messzelle 100 sind, um die Messzelle 100 mit dem Messachsenkörper 12 kraftschlüs-

sig verschrauben zu können. Es versteht sich, dass auch andere kraftschlüssige Befestigungsarten (z.B. Nieten) gewählt werden könnten.

Figur 7A bis 7D zeigt eine weitere Abwandlung der Messzelle 110, die ganz ähnlich zu der Messzelle 100 der Figur 6 aufgebaut ist. Im Nachfolgenden werden deshalb nur noch die Unterschiede detaillierter erläutert werden.

Die Messzelle 110 der Figur 7 weist einen Messzellenkörper 111 auf. Ferner umfasst sie einen Verformungsabschnitt 112 sowie einen ersten Befestigungsabschnitt 114 und einen zweiten Befestigungsabschnitt 116. Auch sind Bohrungen 118 vorgesehen.

Der erste Befestigungsabschnitt 114 unterscheidet sich vom ersten Befestigungsabschnitt 104 der Figur 6 dadurch, dass lediglich zwei Bohrungen 118 (anstatt vier Bohrungen 108) vorgesehen sind. Dafür wurde der Durchmesser der Bohrungen im Bereich des ersten Befestigungsabschnitts 114 vergrößert. Die axiale Bohrung 14 im Messachsenkörper 12 kann so gestaltet sein, dass auch der erste Befestigungsabschnitt 114 formschlüssig aufgenommen wird. Dies bedeutet, dass zusätzlich zur kraftschlüssigen Kraftübertragung die formschlüssige Kraftübertragung hinzutritt. Dies resultiert in einer besseren Gesamtkraftübertragung.

Figur 8 zeigt eine weitere Messzelle 120 ähnlich den Messzellen der Figuren 6 und 7.

Die Messzelle 120 mit Messzellenkörper 121 in Figur 8 weist ebenfalls einen Verformungsabschnitt 122 sowie Befestigungsabschnitte 124 und 126 auf. Beide Verformungsabschnitte 124 und 126 sind mit Bohrungen 128 durchsetzt. Die Bohrungen 128 sind jedoch entlang parallelen Hilfslinien 123 und 125 orientiert. Bei den beiden vorhergehenden Messzellen 100 und 110 waren die Hilfslinien senkrecht zueinander orientiert.

Die Messzelle 120 baut in einer vorbestimmten Raumrichtung wesentlich kleiner als die Messzellen 100 und 110. Dieser "eingesparte Raum" kann zur Durchführung von Drähten verwendet werden.

Patentansprüche

1. Modulares Kraftaufnehmersystem (10) zum Messen von Kräften (20), die im Wesentlichen quer auf eine Achse (16), insbesondere eine Messachse, wirken, mit:

einem ersten Modul, das einen Achskörper (12) umfasst, der sich entlang einer Längsachse (16) erstreckt, wobei der Achskörper (12) einen Krafteinleitungsabschnitt (18), mindestens einen Lagerabschnitt (28) und mindestens einen Verformungsabschnitt (22) aufweist; und

einem zweiten Modul, das eine Messzelle (100; 110; 120) mit einem Messzellenkörper (101; 111; 121) umfasst, wobei der Messzellenkörper (101; 111; 121) mit einem elektrischen Messsystem (54) verbunden ist,

wobei das zweite Modul in eine axiale Bohrung (14) des ersten Moduls einführbar ist und derart kraftschlüssig oder formschlüssig mit dem ersten Modul verbindbar ist, dass bei einer durch äußere Krafteinwirkung hervorgerufenen Verformung des Verformungsabschnitts (22) eine Verformung des Messzellenkörpers (101; 111; 121) hervorgerufen wird, die in Form eines entsprechenden elektrischen Signals durch das elektrische Messsystem (54) ausgegeben wird.

2. Modulares Kraftaufnehmersystem (10) nach Anspruch 1, wobei der Messzellenkörper (101; 111; 121) einen ersten Befestigungsabschnitt (104; 114; 124), einen zweiten Befestigungsabschnitt (106; 116; 126) und einen Verformungsabschnitt (102; 112; 122) aufweist, wobei der Verformungsabschnitt (102; 112; 122) in axialer Richtung (130) zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsabschnitt angeordnet ist und das elektrische Messsystem trägt.

3. Modulares Kraftaufnehmersystem (10) nach Anspruch 2, wobei die Befestigungsabschnitte Bohrungen (108; 118; 128) in axialer Richtung (130) zur Aufnahme von vorzugsweise Schrauben aufweisen, wobei die Bohrungen (108; 118; 128) so angeordnet sind, dass sie sich aus axialer Richtung (130) betrachtet nicht überdecken und in axialer Richtung gleichzeitig zugänglich sind.

4. Modulares Kraftaufnehmersystem (10) nach Anspruch 3, wobei die Bohrungen (108; 118; 128) im Messzellenkörper (101; 111; 121) gewindefrei sind.

5. Modulares Kraftaufnehmersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Befestigungsabschnitte (104, 106; 114, 116; 124, 126) im Wesentlichen senkrecht zur axialen Richtung (130) orientiert sind.

6. Modulares Kraftaufnehmersystem (10) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Befestigungsabschnitte (104, 106; 114, 116; 124, 126) entweder parallel versetzt oder senkrecht zueinander orientiert sind.

7. Modulares Kraftaufnehmersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Verformungsabschnitt (102; 112; 122) plättchenförmig ausgebildet ist.

8. Modulares Kraftaufnehmersystem (10) nach Anspruch 7, wobei der Verformungsabschnitt (102; 112; 122) eine geringere Stärke als die Befestigungsabschnitte (104, 106; 114, 116; 124, 126) aufweist.

9. Modulares Kraftaufnehmersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Form der axialen Bohrung (14) des Achskörpers (12) so gewählt ist, dass das zweite Modul von außen eingeführt werden kann, und dass zumindest einer der Befestigungsabschnitte (106; 116; 126) dort formschlüssig aufgenommen wird.

10. Modulares Kraftaufnehmersystem (10) nach Anspruch 9, wobei der andere Befestigungsabschnitt (104; 114; 124) zumindest teilweise formschlüssig aufgenommen wird.

11. Modulares Kraftaufnehmersystem (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die axiale Bohrung (14) im Achskörper (12) so ausgebildet ist, dass der Verformungsabschnitt (102; 112; 122) des Messzellenkörpers (101; 111; 121) im eingebauten Zustand im Wesentlichen im Verformungsabschnitt (22) des Achskörpers (12) liegt.

12. Modulares Kraftaufnehmersystem (10) nach Anspruch 11, wobei die Verformungsabschnitte (22, 102; 22, 112; 22, 122) in axialer Richtung im Wesentlichen gleich lang sind.

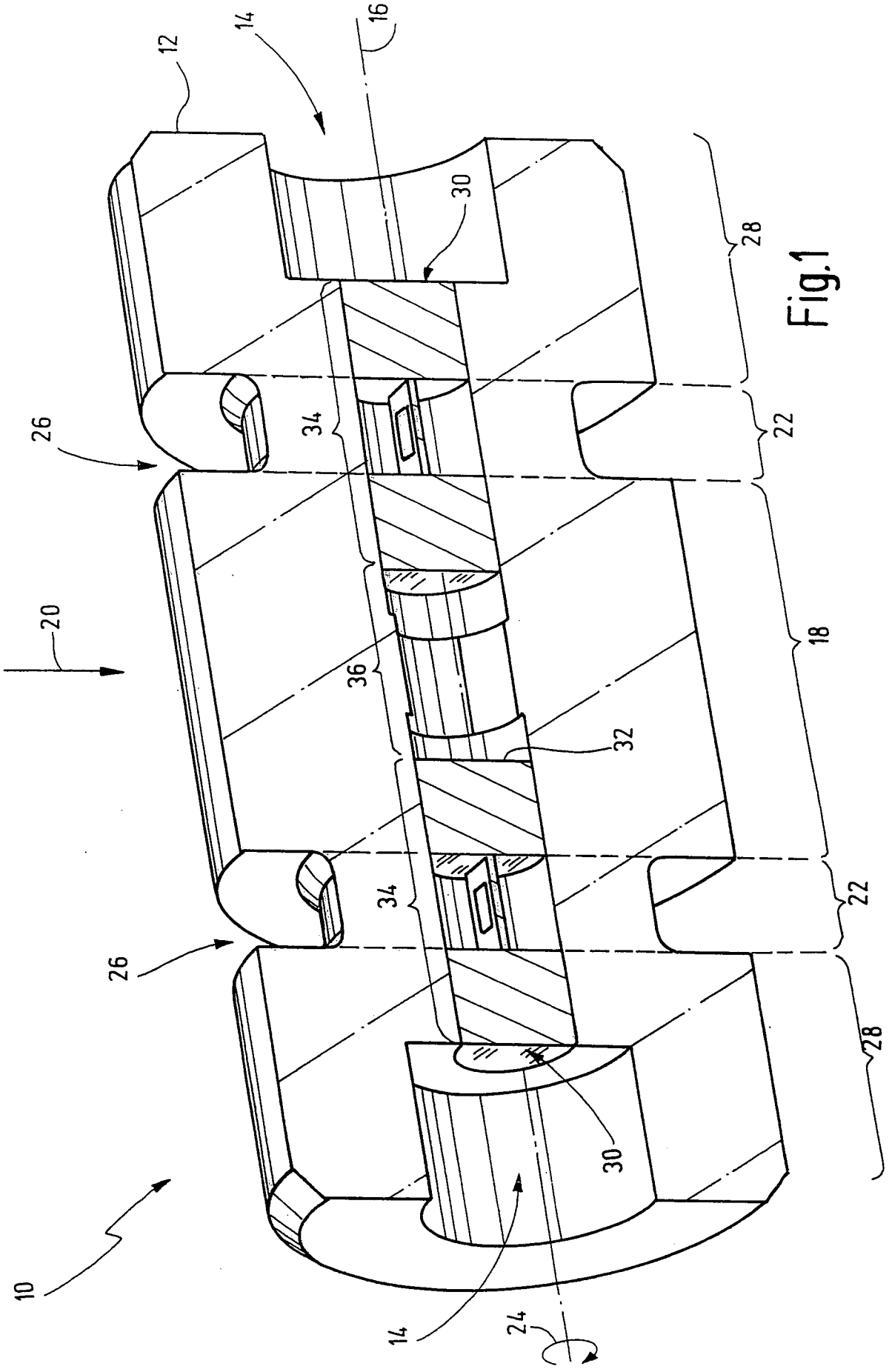

Fig.1

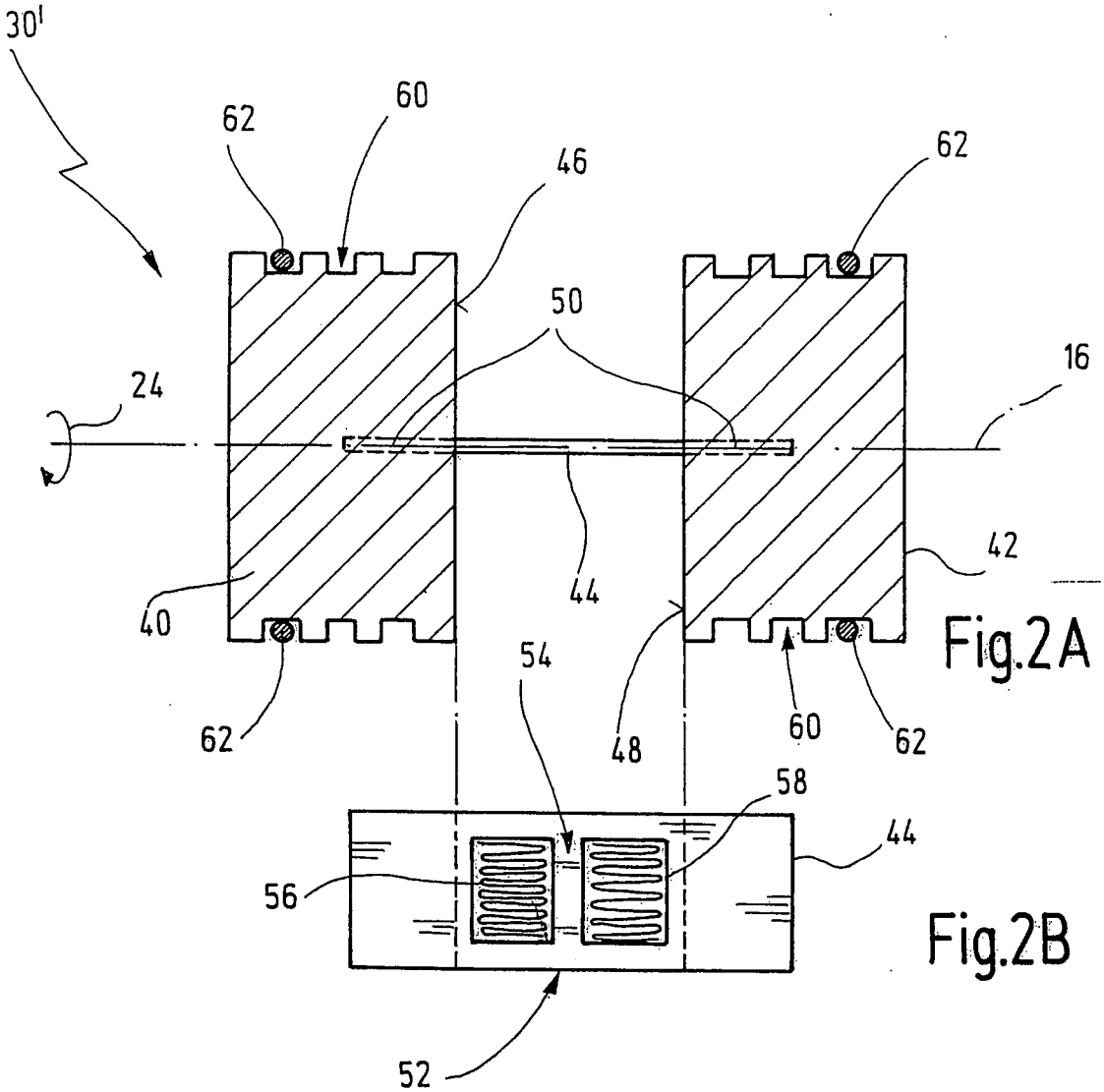

Fig.2A

Fig.2B

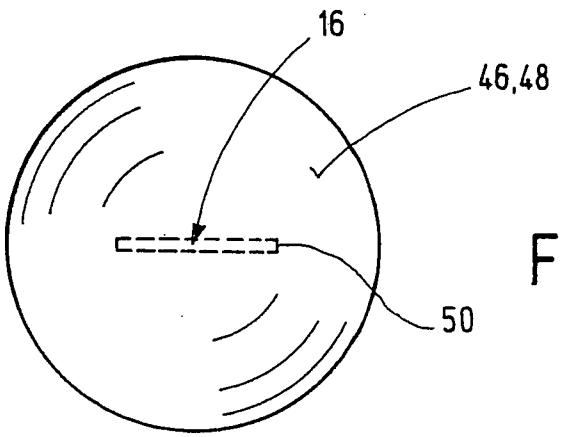

Fig.2C

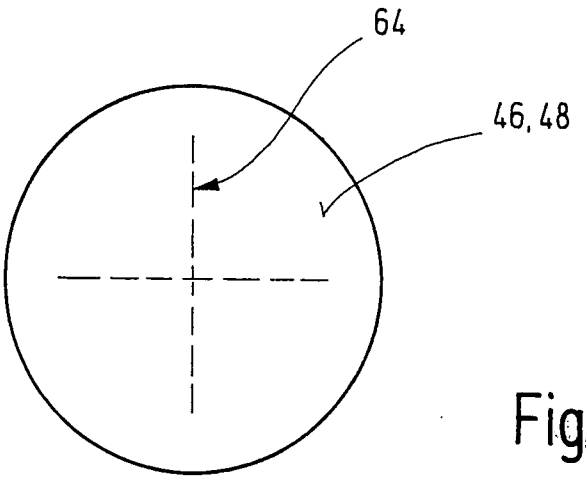

Fig.3A

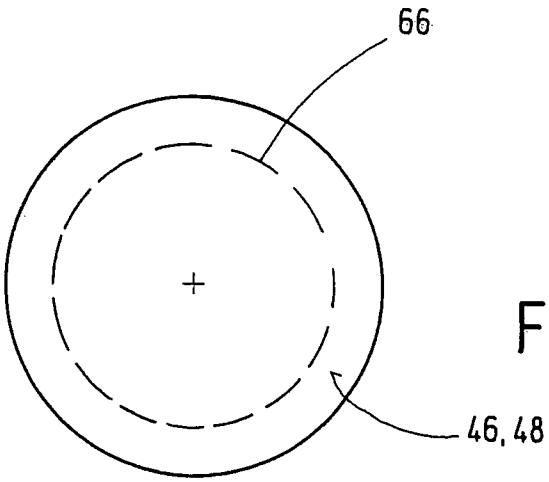

Fig.3B

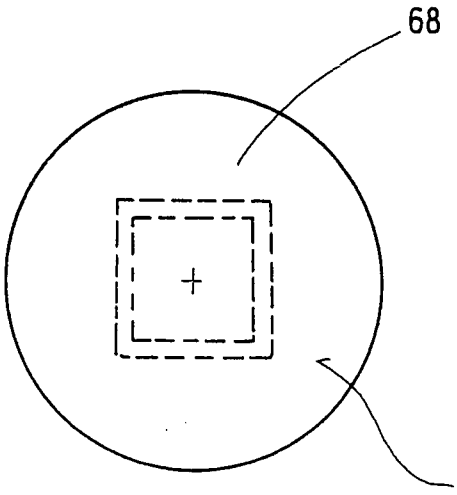

Fig.3C

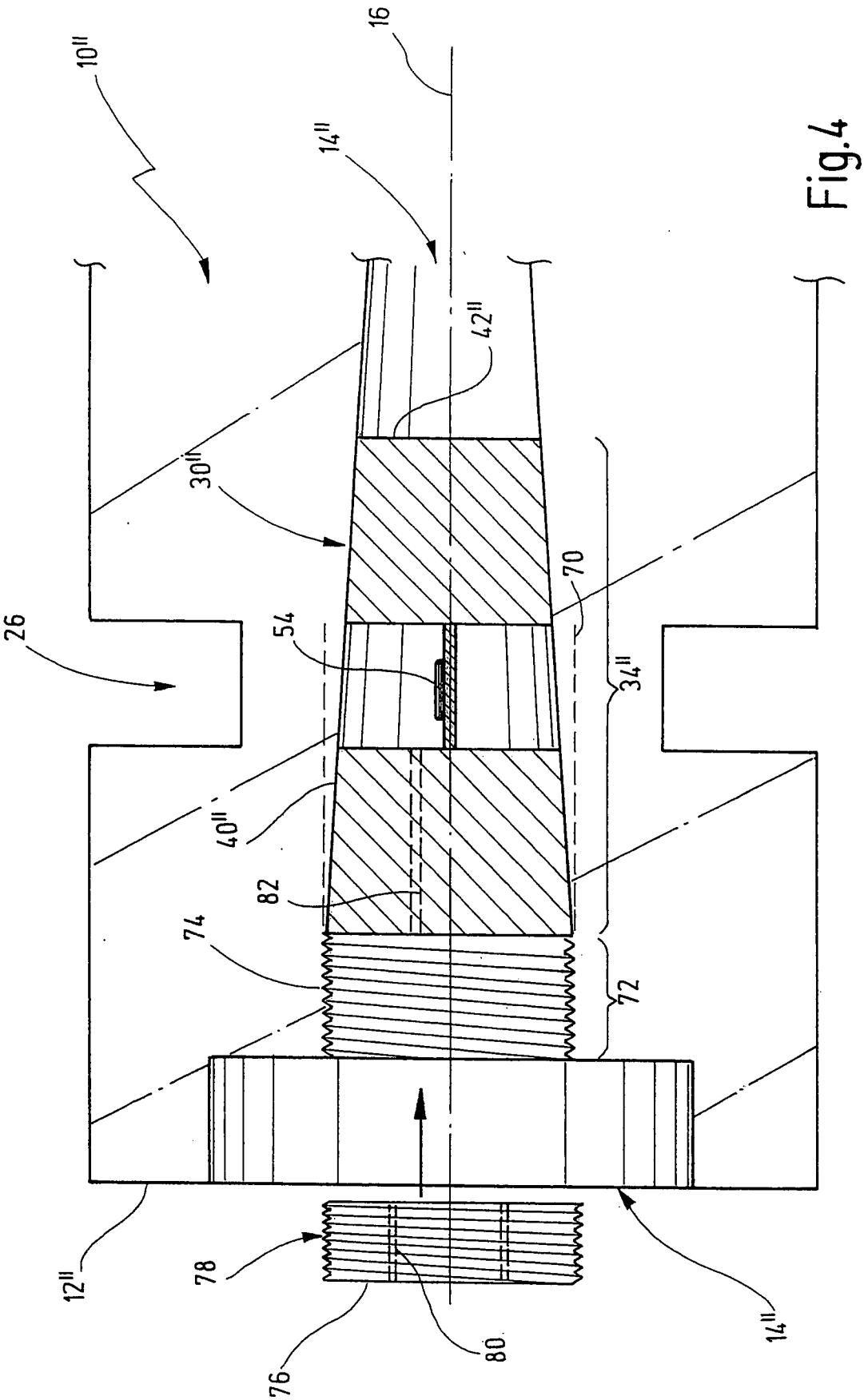

Fig.4

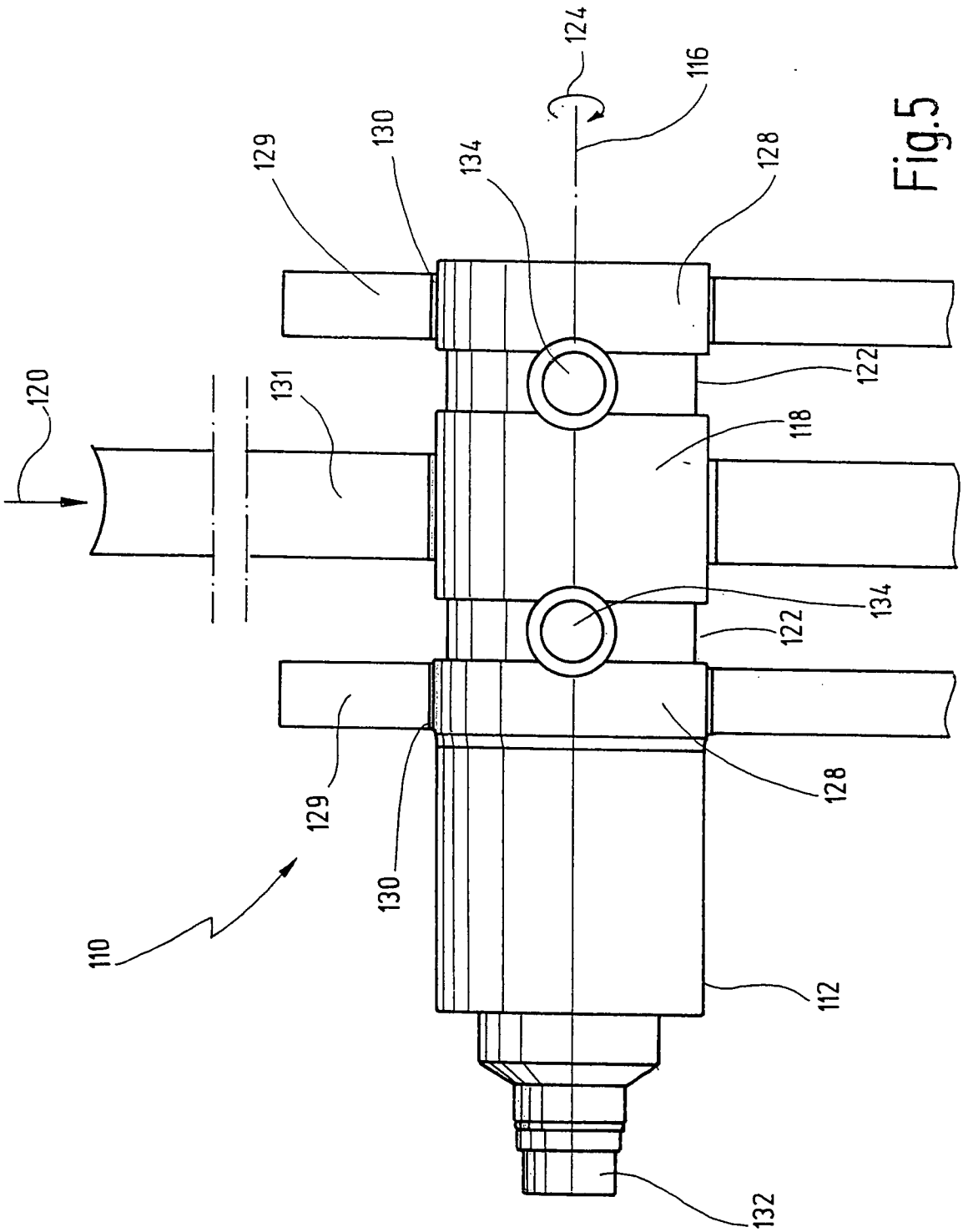
124
116
129
130
134
128
120
131
122
118
134
122
129
128
130
110
112
132

Fig.5

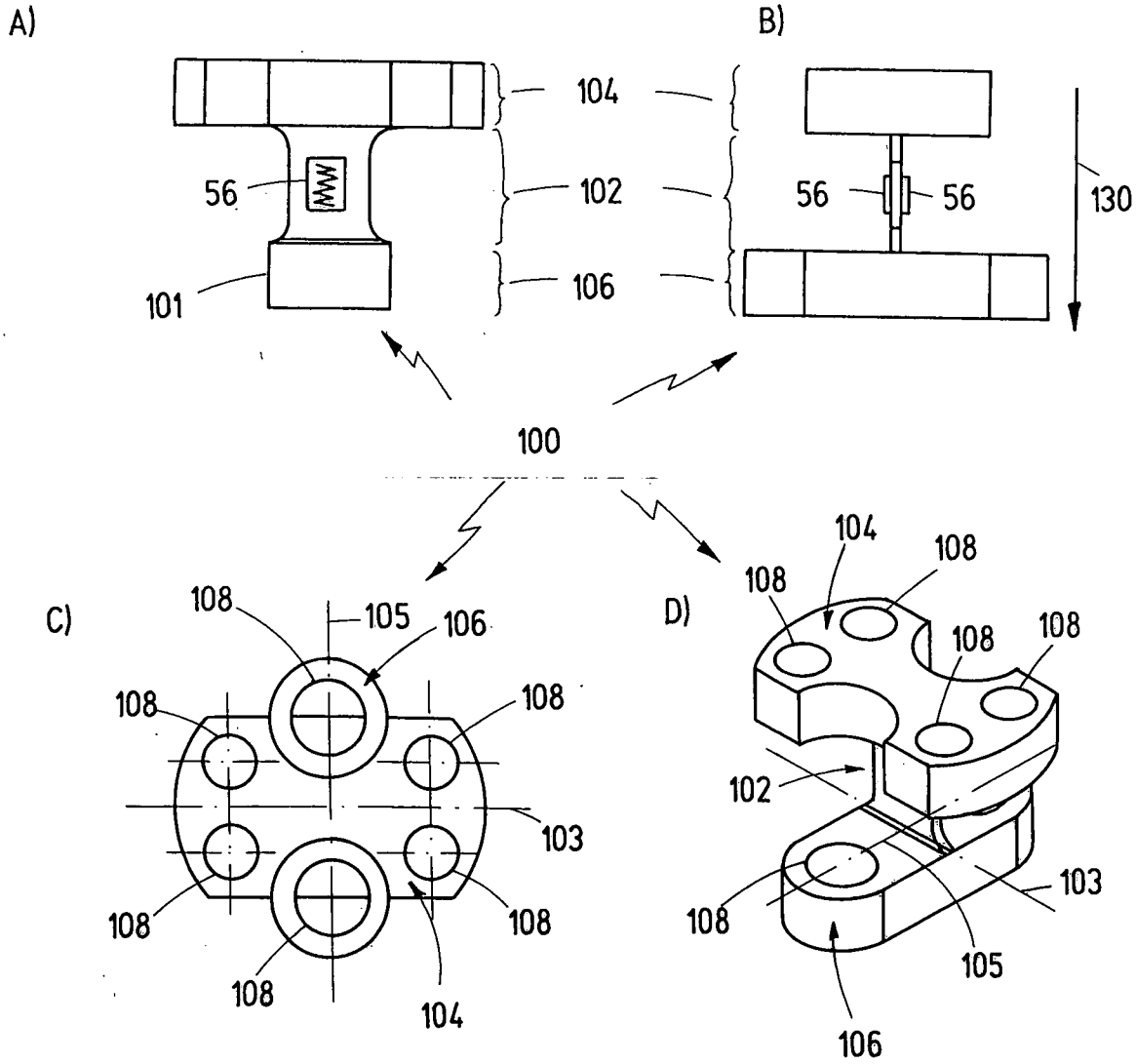
A)
B)
104
102
106
56
101
56
56
130
100
C)
108
105
106
108
108
103
108
108
108
104
D)
104
108
108
108
108
102
103
108
105
106

Fig.6

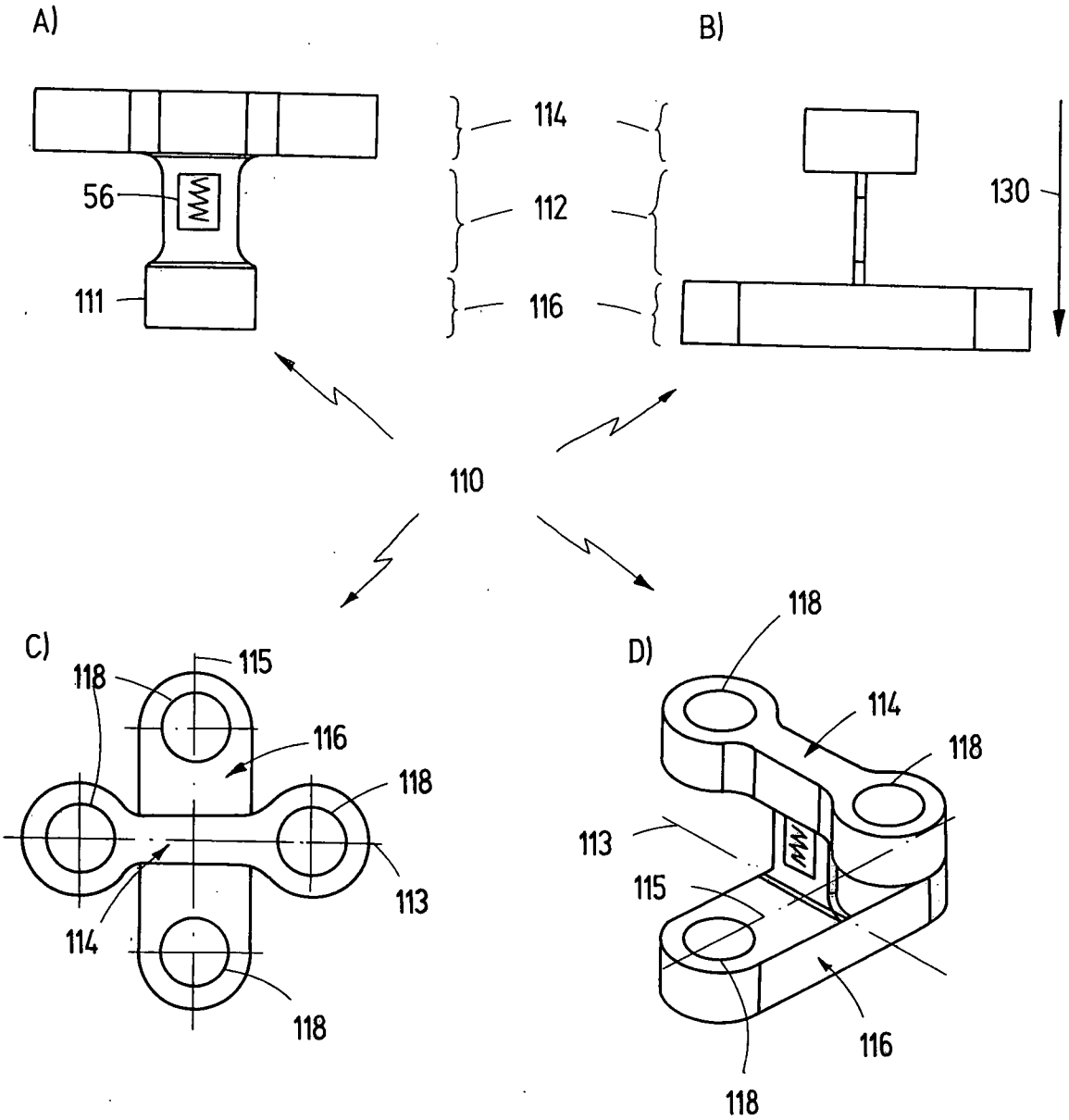
A)
B)
56
111
114
112
116
130
110
C)
118
115
116
118
113
114
118
D)
118
114
118
113
115
116
118

Fig.7

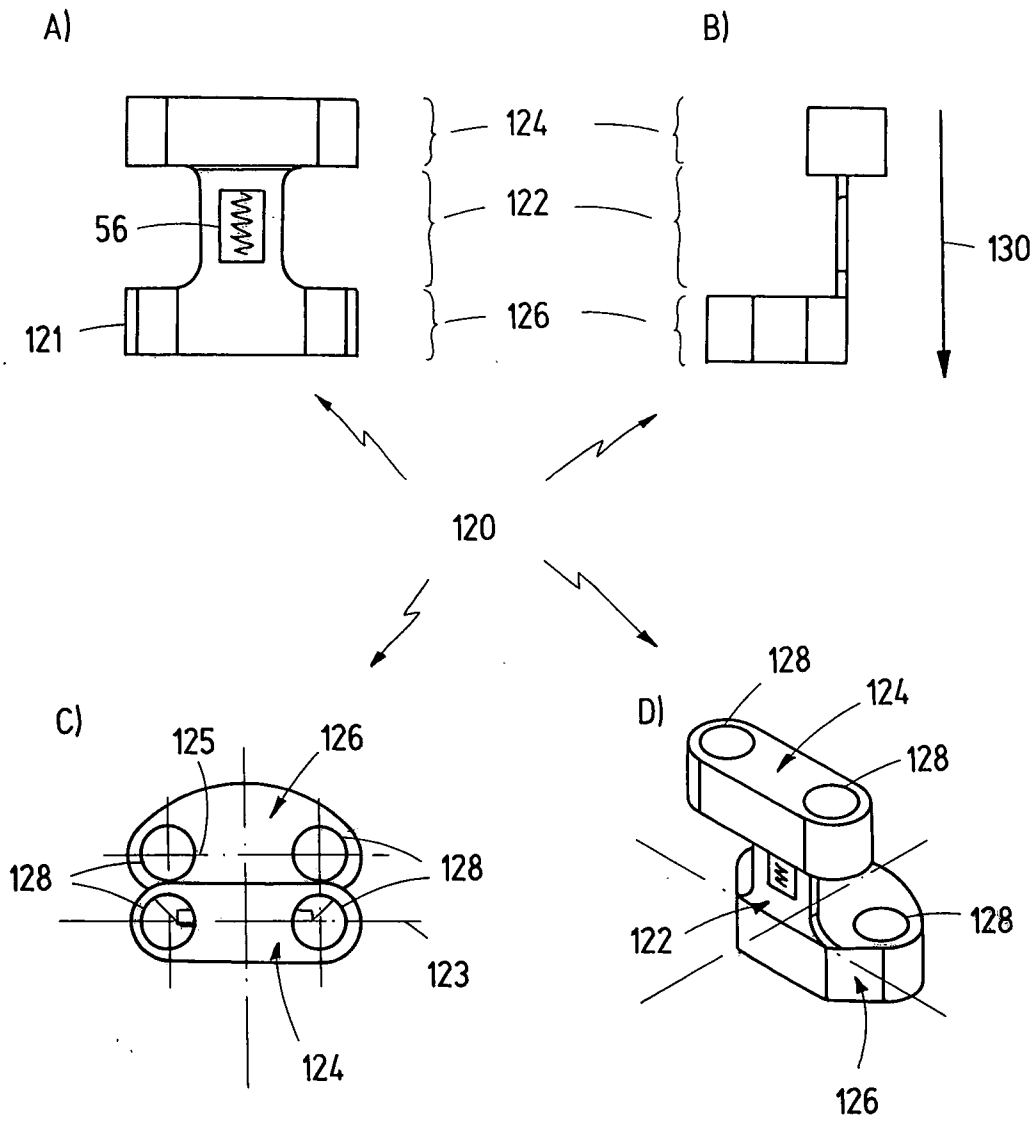
A)
B)
124
122
126
56
121
130
120
C)
125
126
128
128
123
124
D)
128
124
128
122
128
126

Fig.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/001986

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01L1/22

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 154 728 A (HATAMURA YOTARO) 18 September 1985 (1985-09-18) the whole document	1-12
X	US 4 793 189 A (DELL ORTO GIUSEPPE [IT] ET AL) 27 December 1988 (1988-12-27) abstract figures 8-10 column 2, lines 47-69	1-12
X	US 4 858 475 A (JACOBSON WALTER E [US] ET AL) 22 August 1989 (1989-08-22) abstract column 1, line 59 - column 2, line 45; figures 1,8,9,20,21,28,29 column 4, line 48 - line 59 column 5, lines 39-46 column 7, line 62 - column 8, line 4	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
19 Mai 2008	29/05/2008

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Giesen, Fabian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2008/001986

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0154728 A	18-09-1985	DE 3475001 D1	08-12-1988
US 4793189 A	27-12-1988	BE 905451 A1	16-01-1987
		CH 669994 A5	28-04-1989
		DE 3631647 A1	26-03-1987
		ES 2003115 A6	16-10-1988
		FR 2587484 A1	20-03-1987
		GB 2184239 A	17-06-1987
		IT 206727 Z2	01-10-1987
		JP 2514502 Y2	23-10-1996
		JP 62067206 U	27-04-1987
		NL 8602362 A	16-04-1987
		PT 83393 A	01-10-1986
US 4858475 A	22-08-1989	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/001986

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01L1/22

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 154 728 A (HATAMURA YOTARO) 18. September 1985 (1985-09-18) das ganze Dokument	1-12
X	US 4 793 189 A (DELL ORTO GIUSEPPE [IT] ET AL) 27. Dezember 1988 (1988-12-27) Zusammenfassung Abbildungen 8-10 Spalte 2, Zeilen 47-69	1-12
X	US 4 858 475 A (JACOBSON WALTER E [US] ET AL) 22. August 1989 (1989-08-22) Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 59 - Spalte 2, Zeile 45; Abbildungen 1,8,9,20,21,28,29 Spalte 4, Zeile 48 - Zeile 59 Spalte 5, Zeilen 39-46 Spalte 7, Zeile 62 - Spalte 8, Zeile 4	1-12

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
19. Mai 2008	29/05/2008

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Giesen, Fabian

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/001986

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0154728 A	18-09-1985	DE 3475001 D1	08-12-1988
US 4793189 A	27-12-1988	BE 905451 A1	16-01-1987
		CH 669994 A5	28-04-1989
		DE 3631647 A1	26-03-1987
		ES 2003115 A6	16-10-1988
		FR 2587484 A1	20-03-1987
		GB 2184239 A	17-06-1987
		IT 206727 Z2	01-10-1987
		JP 2514502 Y2	23-10-1996
		JP 62067206 U	27-04-1987
		NL 8602362 A	16-04-1987
		PT 83393 A	01-10-1986
US 4858475 A	22-08-1989	KEINE	