



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 25 390 A1** 2004.12.30

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 25 390.4**

(22) Anmeldetag: **28.05.2003**

(43) Offenlegungstag: **30.12.2004**

(51) Int Cl.7: **G01L 1/04**  
**G01L 1/14, G01G 3/12**

(71) Anmelder:  
**Bizerba GmbH & Co. KG, 72336 Balingen, DE**

(74) Vertreter:  
**HOEGER, STELLRECHT & PARTNER**  
**Patentanwälte, 70182 Stuttgart**

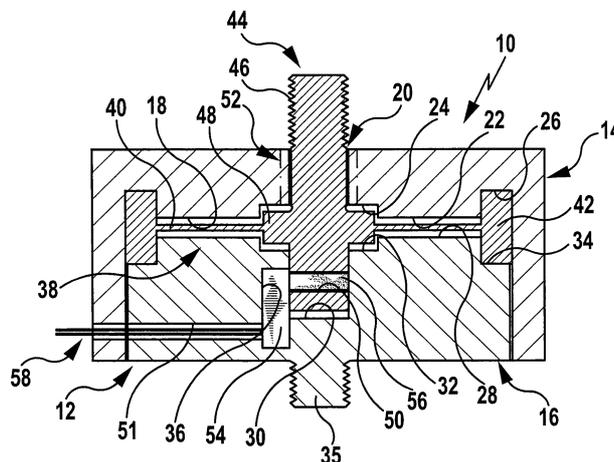
(72) Erfinder:  
**Selig, Klaus Peter, Dr.-Ing., 72336 Balingen, DE;**  
**Wurster, Klaus, Dr.-Ing., 72124 Pliezhausen, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Kraftmesszelle**

(57) Zusammenfassung: Um eine Kraftmesszelle mit einem elastisch verformbaren Membran-Kraftaufnehmer zur Aufnahme von zu bestimmenden Kräften, mit einer Sensoranordnung zur Erfassung der Kraftaufnehmerverformung und deren Umwandlung in ein elektrisches Wägesignal zur Verfügung zu stellen, welche robust ist und auch in beengten Verhältnissen eingebaut werden kann und insbesondere neben Druck- auch Zugkräfte aufnehmen und bestimmen kann, wird vorgeschlagen, dass das Gehäuse den Kraftaufnehmer im Wesentlichen allseitig umgibt und eine Durchgangsöffnung aufweist, durch die hindurch der Membran-Kraftaufnehmer mit der zu bestimmenden Kraft beaufschlagbar ist, wobei der Membran-Kraftaufnehmer ein mittig angeordnetes Krafteinleitungsteil und am Randbereich ein über mindestens eine der Membranoberflächen vorspringendes Randteil umfasst und wobei im Innenraum des Gehäuses eine rückspringende Bereich ausgebildet ist, in den der vorspringende Rand des Kraftaufnehmers formschlüssig einrückbar ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Kraftmesszelle mit einem elastisch verformbaren Membran-Kraftaufnehmer zur Aufnahme von zu bestimmenden Kräften, mit einer Sensoranordnung zur Erfassung der Kraftaufnehmerverformung und deren Umwandlung in ein elektrisches Wägesignal.

**[0002]** Eine Kraftmesszelle mit einem Membran-Kraftaufnehmer ist beispielsweise aus der DE 36 27 127 A1 bekannt. Diese Kraftmesszelle ist in der Form einer Kraftmessdose ausgebildet, bei der ein biegesteifes Trägerelement die Membran elastisch verformbar hält, wobei die Verformung der Membran gemäß dieser Druckschrift bevorzugt mit einer Sensoranordnung, die einen Hall-Generator beinhaltet, erfasst wird. Die Membran und das biegesteife Trägerelement bilden zusammen eine Kraftmessdose, in deren Innerem die Sensoranordnung untergebracht werden kann.

**[0003]** Aus der DE 41 32 108 ist ebenfalls eine Kraftmesszelle der eingangs beschriebenen Art bekannt, bei der die elastische Verformung der Membran mit einer kapazitiven Sensoranordnung erfasst wird.

**[0004]** Den vorgenannten Kraftmesszellen ist gemeinsam, dass sie nur Druckkräfte aufnehmen können und zudem in rauher Umgebung nur mit geringem Nutzen eingesetzt werden können.

**[0005]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Kraftmesszelle der eingangs beschriebenen Art vorzuschlagen, welche robust ist und auch in beengten Verhältnissen eingebaut werden kann und insbesondere neben Druck- auch Zugkräfte aufnehmen und bestimmen kann.

**[0006]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Kraftmesszelle ein biegesteifes mehrteiliges Gehäuse mit einem Innenraum zur Aufnahme und Halterung des Membran-Kraftaufnehmers und der Sensoranordnung aufweist, wobei das Gehäuse den Kraftaufnehmer im Wesentlichen allseitig umgibt und eine Durchgangsöffnung aufweist, durch die hindurch der Membran-Kraftaufnehmer mit der zu bestimmenden Kraft beaufschlagbar ist, wobei der Membran-Kraftaufnehmer ein mittig angeordnetes Krafteinleitungsteil und am Randbereich ein über mindestens eine der Membranoberflächen vorspringendes Randteil umfasst und wobei im Innenraum des Gehäuses ein rückspringender Bereich ausgebildet ist, in den der vorspringende Rand des Membran-Kraftaufnehmers formschlüssig einrückbar ist.

**[0007]** Durch die Verwendung eines biegesteifen Gehäuses, welches den Membran-Kraftaufnehmer und die Sensoranordnung aufnimmt und diese im

Wesentlichen allseitig umgibt, lässt sich die erfindungsgemäße Kraftmesszelle sehr robust gestalten und in einer Vielzahl von rauen Umgebungsbedingungen einsetzen. Dies resultiert insbesondere daraus, dass nicht nur die Sensoranordnung, sondern auch die Membran des Kraftaufnehmers quasi gekapselt in dem Gehäuse untergebracht ist. Lediglich eine Durchgangsöffnung in dem Gehäuse ist notwendig, damit die zu bestimmende Druck- oder Zugkraft auf den Membran-Kraftaufnehmer wirken kann.

**[0008]** Die Herstellung der erfindungsgemäßen Kraftmesszelle, insbesondere der Zusammenbau, ist durch das mehrteilige, biegesteife Gehäuse sehr vereinfacht, da dieses den Membran-Kraftaufnehmer mit seinem vorspringenden Rand in einem rückspringenden Bereich, beispielsweise einer Nut, formschlüssig aufnimmt. Der Rand und der rückspringende Bereich können fertigungstechnisch ohne allzu großen Aufwand aufeinander abgestimmt ausgebildet werden, so dass der Rand des Membran-Kraftaufnehmers spielfrei in dem rückspringenden Bereich in einem ersten Gehäuseteil aufgenommen wird.

**[0009]** Mit einem weiteren Gehäuseteil kann dann der Rand des Membran-Kraftaufnehmers in dem rückspringenden Bereich des ersten Gehäuseteiles form- oder kraftschlüssig fixiert werden. Dies erlaubt im Fall des Versagens des Kraftaufnehmers bei der Endkontrolle einen einfachen Austausch des Membran-Kraftaufnehmers.

**[0010]** Ansonsten ist die erfindungsgemäße Kraftmesszelle hermetisch verschließbar. Dies bedeutet eine besonders gute Resistenz gegen Verschmutzungen und Beeinträchtigungen der Funktion auch in sehr schwierigen Umgebungen, beispielsweise in einer Vielzahl von Anordnungsmöglichkeiten in einem Automobil, insbesondere auch in dessen Innenraum, in dem Temperaturschwankungen, Staub und abrupte Belastungen häufig vorkommen.

**[0011]** Die erfindungsgemäße Kraftmesszelle lässt sich insbesondere dafür verwenden, auf den Sitz eines Kraftfahrzeuges einwirkende Gewichtskräfte zu bestimmen, wie sie z.B. im Zusammenhang mit der selektiven Ansteuerung von Airbag-Systemen zunehmend Verwendung finden. Die bevorzugten Einbaulagen sind zwischen Sitzschienen und Bodenblech des Fahrzeuges oder zwischen Sitzschale und Sitzunterbau.

**[0012]** Bevorzugt wird das Krafteinleitungsteil koaxial zur Durchgangsöffnung des Gehäuses angeordnet und weiter bevorzugt so ausgebildet, dass dieses im Wesentlichen komplementär zum Querschnitt der Durchgangsöffnung ausgebildet ist, so dass die Durchgangsöffnung des Gehäuses quasi durch das hier vorzugsweise mindestens teilweise hineinragen-

de Krafteinleitungsteil im Wesentlichen ausgefüllt wird. Selbstverständlich muss zwischen Krafteinleitungsteil und Durchgangsöffnung ein minimaler Spalt vorgesehen sein, um das Krafteinleitungsteil im Wesentlichen reibungsfrei die auf die Kraftmesszelle einwirkende Kraft auf die Membran übertragen lassen zu können. Spalte von ca. 0,1 bis ca. 0,5 mm haben sich in der Praxis gut bewährt. Diesbezüglich kann vorgesehen sein, dass die Durchgangsöffnung des Gehäuses mit einem Kunststoffbelag, beispielsweise in Form einer Hülse, beaufschlagt ist, wobei das Kunststoffmaterial unter dem Gesichtspunkt eines möglichst niedrigen Reibungsbeiwertes ausgewählt wird.

**[0013]** Alternativ kann auch vorgesehen sein, wenn das Krafteinleitungsteil so ausgebildet wird, dass es über die Oberfläche des Gehäuses heraussteht, dass zur Abdichtung des Spaltes zwischen Durchgangsöffnung und Krafteinleitungsteil eine abschirmende Manschette aus einem flexiblen Material vorgesehen ist, welches die auf das Krafteinleitungsteil einwirkende Kraft im Wesentlichen unbeeinflusst lässt.

**[0014]** Weiter bevorzugt wird die erfindungsgemäße Kraftmesszelle einen integrierten mechanischen Überlastschutz aufweisen. Ein solcher mechanischer Überlastschutz kann für Zug- und/oder Druckkräfte vorgesehen sein und bedeutet, dass bei einer Einwirkung einer übermäßig großen, d.h. nicht mehr für die sichere Funktion der Kraftmesszelle zugelassenen Kraft, diese nicht ungehindert auf die Membran wirken kann. Hierzu wird vorgesehen, dass im Inneren des Gehäuses eine oder mehrere Anschlagflächen ausgebildet sind, welche eine elastische Verformung des Membran-Kraftaufnehmers beim Einwirken von Zug- und/oder Druckkräften begrenzen. Dabei kann sich dann beispielsweise das Krafteinleitungsteil an einem Anschlag abstützen, so dass die maximale Verformung des Membran-Kraftaufnehmers begrenzt bleibt und damit eine mechanische Beschädigung durch Überlast ausgeschlossen wird.

**[0015]** Bei mehreren Anschlagflächen wird mindestens eine der Anschlagflächen der Überlastsicherung gegenüber Druckkräften und eine andere eine Überlastsicherung gegenüber Zugkräften übernehmen.

**[0016]** Die mit den Anschlagflächen zusammenwirkende Gegenfläche kann entweder an dem Membran-Kraftaufnehmer selbst oder aber am Krafteinleitungsteil ausgebildet sein. Beispielsweise kann das Krafteinleitungsteil einen Vorsprung aufweisen, welcher mit der einen oder anderen bzw. mehreren Anlagflächen im Sinne der Begrenzung von Zug- und/oder Druckkräften zusammenwirkt, die auf den Membran-Kraftaufnehmer wirken können.

**[0017]** Das Krafteinleitungsteil selbst ist häufig im

Wesentlichen zylindrisch ausgebildet, so dass auch die Durchgangsöffnung des Gehäuses entsprechend zylindrisch ausgebildet wird. Das Krafteinleitungsteil trägt bei einer bevorzugten Ausführungsform einen Ringflansch, der als Vorsprung im Sinne der vorgenannten Überlastsicherung wirkt. Alternativ kann selbstverständlich auch vorgesehen sein, dass das Krafteinleitungsteil einen Rücksprung aufweist, in den ein gehäusefest angeordneter Vorsprung eingreift und so für eine Begrenzung der möglichen Bewegung des Krafteinleitungsteiles sorgt.

**[0018]** Der Ringflansch des Krafteinleitungsteiles kann aber vorteilhafterweise noch eine weitere Funktion übernehmen, nämlich das Krafteinleitungsteil mit der Membran zu verbinden. Hierbei wird die Verbindung zwischen Membran und Ringflansch vorzugsweise so gestaltet, dass der Ringflansch die Membranoberfläche auf beiden Seiten der Membran überragt, so dass oberhalb und unterhalb der Membran der Ringflansch im Sinne einer Überlastsicherung mit Anschlagflächen des Gehäuses kooperieren kann.

**[0019]** Die Membran und das Krafteinleitungsteil können bei manchen Ausführungsformen einstückig ausgebildet sein, d.h. Membran und Krafteinleitungsteil werden aus dem vollen Material herausgearbeitet.

**[0020]** Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass die Membran an dem Krafteinleitungsteil, insbesondere an dessen Ringflansch, angeschweißt wird.

**[0021]** Bevorzugt wird die Membran als Kreisscheibe ausgebildet. Zur sicheren und definierten Befestigung der Membran in dem Gehäuse ist der vorspringende Rand als Ringbund oder als am Umfang in regelmäßigen Winkelabständen angeordnete Ringbundsegmente ausgebildet, und das Gehäuse wiederum weist in seinem Inneren eine Ringnut auf, in die der Ringbund bzw. die Segmente der Membran bei der Montage der Kraftmesszelle einsetzbar ist. Dies erlaubt eine sehr einfache und trotzdem sehr exakte Montage der Membran in dem biegefesten Gehäuse. Verschlossen wird das biege feste Gehäuse vorzugsweise durch ein Bodenteil, welches die freie Oberfläche des Ringbundes der Membran beaufschlagt und in die Ringnut hineinpresst.

**[0022]** Das Krafteinleitungsteil ist einerseits, wie bereits erwähnt, an der Membran selbst festgelegt und weist darüber hinaus ein freies Ende auf, welches vorzugsweise ein Schraubgewinde umfasst, welches durch die Durchgangsöffnung des Gehäuses zugänglich ist oder gar aus diesem heraussteht.

**[0023]** Damit ist die Kraftmesszelle mit dem Krafteinleitungsteil sehr einfach zu montieren und beispielsweise auch als Schraubbolzen direkt an seinem Einsatzort als Montagemittel verwendbar.

**[0024]** Im letzteren Fall wird das Gehäuse bevorzugt, bezogen auf die von der Membran definierte Ebene, gegenüberliegend zur Durchgangsöffnung einen Schraubbolzen oder ein Schraubgewinde koaxial zur Durchgangsöffnung orientiert aufweisen. Damit lässt sich die Kraftmesszelle beidseitig mittels Schraubverbindungen an der Einsatzstelle sehr einfach montieren.

**[0025]** Das Kraffteinleitungsteil kann sich in einer bevorzugten Ausführungsform auch durch die Membranebene hindurch erstrecken, wobei das erste freie Ende des Krafftaufnehmers sich in Richtung zu der Durchgangsöffnung des Gehäuses erstreckt und ein zweites freies Ende im Inneren des Gehäuses sich von der Membran auf deren anderer Seite weg erstreckt und im Inneren des Gehäuses endet. Bevorzugt wird dieses freie Ende ein Element der Sensoranordnung tragen, während ein weiteres Element der Sensoranordnung gehäusefest montiert wird.

**[0026]** Allgemein kann festgestellt werden, dass die Membran als regelmäßiges Vieleck mit einem Symmetriezentrum auszubilden ist, an dem dann das Kraffteinleitungsteil angeordnet wird.

**[0027]** Ein einfaches Beispiel hierfür wäre eine streifenförmige Ausbildung der Membran, wobei dann das Kraffteinleitungsteil mittig zur Längsrichtung des Membranstreifens anzuordnen wäre. Genauso vorstellbar wäre beispielsweise eine dreieckige Membran, ebenso wie andere Vieleckformen.

**[0028]** In einem Sonderfall hiervon, der allerdings der am meisten bevorzugte Fall ist, weist die Membran Kreisscheibenform auf, wie dies weiter oben bereits beschrieben wurde.

**[0029]** Die bei der erfindungsgemäßen Kraftmesszelle zum Einsatz kommende Sensoranordnung kann aus verschiedenen bekannten Sensoranordnungen ausgewählt werden, wobei allerdings berührungsfrei arbeitende Sensoranordnungen deutlich bevorzugt sind. Dies schließt den Einsatz von einem oder mehreren Dehnungsmessstreifen trotz allem nicht aus.

**[0030]** Bevorzugt allerdings sind, wie gesagt, die berührungsfreien Wägmess-Sensoranordnungen wie z.B. die induktiv arbeitende sowie die kapazitiv arbeitende. Daneben eignet sich insbesondere auch eine optische Sensoranordnung.

**[0031]** Besonders geeignet im Sinne der vorliegenden Erfindung ist eine induktiv arbeitende Sensoranordnung, insbesondere eine solche, die einen Hallsensor als ein Element und einen Magneten als ein weiteres Element umfasst. Bei dem Magneten wird insbesondere ein Permanentmagnet verwendet.

**[0032]** Bei dieser besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann der Magnet am Kraffteinleitungsteil und der Hallsensor am Gehäuse angeordnet sein. Eine umgekehrte Anordnung, d.h. die Anordnung des Magneten am Gehäuse und die Anordnung des Hallsensors am Kraffteinleitungsteil, ist ebenfalls möglich, jedoch ist die erstere Variante bevorzugt, da diese den Vorteil aufweist, dass die Signalleitungen des Sensors im Gehäusematerial geführt werden können und somit sehr platzsparend und gleichzeitig geschützt anzuordnen sind. Gleichzeitig wird vermieden, dass durch das Vorhandensein von Signalleitungen eine Verfälschung des Wägesignals eintreten kann.

**[0033]** Bei einer solchen Ausführungsform wird das Gehäuse der Kraftmesszelle vorzugsweise aus einem ferromagnetischen Stahl gebildet mit dem Vorteil, dass die Sensoranordnung nicht nur mechanisch, sondern auch elektromagnetisch gekapselt ist. Das Kraffteinleitungsteil selbst, das den Magneten, insbesondere den Permanentmagneten aufnimmt, ist dann allerdings aus einem nicht-magnetischen Stahl herzustellen, da sich sonst ein magnetischer Kurzschluss ergeben würde.

**[0034]** Bevorzugt wird der Hallsensor und der Magnet der Sensoranordnung so ausgebildet und angeordnet, dass der Hallsensor im unbelasteten Zustand der Kraftmesszelle ein elektrisches Signal mit einem Wert kleiner oder gleich  $1/3$  des maximalen Nutzsignales erzeugt.

**[0035]** Dies gewährleistet, dass für die Auswerterschaltung, die vorzugsweise ebenfalls im Inneren der Kraftmesszelle anzuordnen ist, eine ausreichende Reserve zur Verstärkung des Nutzsignales gegeben ist und ein ausreichendes Signal/Rauschverhältnis vorliegt.

**[0036]** Bei einer ersten Variante kann der Magnet dem Hallsensor gegenüber als Monopol-wirkend ausgebildet sein, wobei der Hallsensor eine geradzählige Anzahl an Sensorelementen umfasst, die in Form einer zweidimensionalen Matrix dem Monopol gegenüberliegend angeordnet sind. Hierbei bilden jeweils zwei Sensorelemente einen Teil einer elektronischen Differenzschaltung.

**[0037]** Alternativ kann der Magnet dem Hallsensor gegenüber als Dipol-wirkend ausgebildet sein, wobei der Hallsensor ein oder mehrere Sensorelemente umfasst, deren Signale getrennt erfassbar sind.

**[0038]** Insbesondere ist vorstellbar, dass, wenn der Magnet in dem Kraffteinleitungsteil angeordnet ist, zwei Hallsensoren diametral gegenüberliegend zu dem Kraffteinleitungsteil bzw. dessen Längsrichtung angeordnet sind und ausgewertet werden.

**[0039]** Eine weitere Alternative besteht, wie bereits zuvor erwähnt, darin, eine optische Sensoranordnung auszuwählen.

**[0040]** Hierbei wird bevorzugt die Sensoranordnung eine Lichtquelle und eine Schlitzblende einerseits und eine Differenzfotodiode andererseits umfassen. Bei einer Anordnung werden die Lichtquelle und die Schlitzblende gemeinsam am Kraftaufnehmer, beispielsweise am Kraffteinleitungsteil, gehalten, während die Differenzfotodiode ortsfest am Gehäuse angeordnet ist.

**[0041]** Alternativ kann die Sensoranordnung die Lichtquelle und die Schlitzblende einerseits gehäusefest angeordnet aufweisen, während die Differenzfotodiode am Kraftaufnehmer, d.h. insbesondere am Kraffteinleitungsteil, angeordnet wird.

**[0042]** Diese und weitere Vorteile der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen noch näher erläutert. Es zeigen im Einzelnen:

**[0043]** Fig. 1: eine Schnittansicht durch eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kraftmesszelle;

**[0044]** Fig. 2: eine Schnittansicht durch eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kraftmesszelle;

**[0045]** Fig. 3: eine Schnittansicht durch eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kraftmesszelle;

**[0046]** Fig. 4: eine Schnittansicht durch eine vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kraftmesszelle.

**[0047]** Fig. 1 zeigt eine insgesamt mit dem Bezugszeichen **10** versehene Kraftmesszelle in einer ersten Ausführungsform. Die Kraftmesszelle **10** umfasst ein biegesteifes Gehäuse **12** mit einem einseitig geschlossenen, hohlzylindrischen Deckelteil **14** und einem das Deckelteil **14** verschließenden Bodenteil **16**. Das Deckelteil **14** bildet mit dem Bodenteil **16** einen Innenraum **18**, welcher mit der Umgebung der Kraftmesszelle **10** lediglich über eine Durchgangsöffnung **20** im Deckelteil **14** kommuniziert.

**[0048]** Der Innenraum **18** ist im Wesentlichen kreis-scheibenförmig und wird auf Seiten des Deckelteils **14** begrenzt von einer Stirnwand **22**, welche im Wesentlichen ringscheibenförmig ausgebildet ist und in ihrer Mitte an die Durchgangsöffnung **20** angrenzt.

**[0049]** Benachbart zu der Durchgangsöffnung **20** springt die Stirnwand **22** ringförmig zurück (Bezugszeichen **24**). An ihrem Außenumfang geht die Stirn-

wand **22** in eine Ringnut **26** über.

**[0050]** Die innen liegende Oberfläche des Bodenteiles **16** weist eine im Wesentlichen komplementär zu der Stirnwand **22** ausgebildete Stirnseite **28** auf, welche mittig an ein koaxial zu der Durchgangsöffnung **20** angeordnetes Sackloch **30** angrenzt. Die Stirnseite **28** weist rings um das Sackloch **30** einen Rücksprung **32** auf, der im Wesentlichen spiegelbildlich zu dem Rücksprung **24** der Stirnwand **22** ausgebildet ist. Am äußeren Umfang der Stirnseite **28** ist ein ringsum laufender Rücksprung **34** vorgesehen, der im Wesentlichen spiegelbildlich zu der Nut **26** der Stirnwand **22** ausgebildet ist. An seiner außen liegenden Oberfläche trägt das Bodenteil **16** koaxial zum Sackloch **30** einen Schraubbolzen **35**.

**[0051]** Benachbart zum Boden des Sackloches **30** erweitert sich dieses zu einer Aufnahme **36**, in welcher ein Bestandteil einer noch zu erläuternden Sensoranordnung der Kraftmesszelle **10** unterzubringen ist.

**[0052]** In dem Innenraum **18** wird ein Membran-Krafftaufnehmer **38** aufgenommen mit einer kreis-scheibenförmigen Membran **40**, welche an ihrem Umfangsrand einen über beide Oberflächen der Membran **40** vorspringenden Ringbund **42** trägt. Der Ringbund **42** ist im Querschnitt im Wesentlichen rechteckig ausgebildet und greift spielfrei in die Nut **26** in der Stirnseite **22** des Deckelteiles **14** ein.

**[0053]** Die Membran **40** ist mit dem Ringbund **42** bevorzugt einstückig ausgebildet oder aber der Ringbund **42** wird mit der Membran **40** an deren Außenumfang verschweißt. Im eingerückten Zustand des Ringbundes **42** in die Nut **26** verbleibt zwischen der Membranoberfläche und der Stirnwand **22** ein Spalt, der bei Einwirkung einer Zug- bzw. Druckkraft eine elastische Verformung der Membran zulässt.

**[0054]** In der Mitte der Membran **40** ist ein Kraffteinleitungsteil **44** angeordnet, welches im Wesentlichen eine Bolzenform aufweist. Ein Ende des Kraffteinleitungsteiles durchdringt die Durchgangsöffnung **20** und ist mit einem Schraubgewinde **46** versehen, während das andere freie Ende des Kraffteinleitungsteiles **44** von dem Sackloch **30** aufgenommen wird. Die Durchgangsöffnung **20** sowie das Sackloch **30** bilden eine Führung für das Kraffteinleitungsteil **44**, welche das Kraffteinleitungsteil gegen Kippmomente stützt.

**[0055]** Im Bereich der Durchdringung der Membran **40** trägt das Kraffteinleitungsteil einen umlaufenden Ringflansch **48**, über den das Kraffteinleitungsteil **44** mit der Membran **40** verbunden ist. Das Kraffteinleitungsteil **44** kann im Prinzip einstückig mit der Membran **40** und dem Ringbund **42** ausgebildet sein oder aber als separates Teil hergestellt und in einem

Durchbruch der Membran **40** eingesetzt und mit dieser dann verschweißt werden.

[0056] Der Ringflansch **48** wirkt mit den Rücksprüngen **24** und **32** zusammen als mechanischer Überlastschutz, d.h. die elastische Verformung der Membran **40** wird begrenzt durch die Verschieblichkeit des Krafteinleitungsteiles **44** in Richtung der Symmetrieachse der Durchgangsöffnung **20** sowie des Sackloches **30** und limitiert durch Anlage des Ringflansches **48** an dem Rücksprung **24** oder dem Rücksprung **32** das Einwirken von Zug- bzw. Druckkräften und damit die Verformung der Membran.

[0057] In dem in das Sackloch **30** eingreifenden Ende des Krafteinleitungsteiles **44** ist eine Querbohrung **50** vorgesehen, welche eine Aufnahme für ein weiteres Element der Sensoranordnung der Kraftmesszelle **10** bereitstellt.

[0058] Um die Bestimmung der auf die Kraftmesszelle einwirkenden Gewichtskraft möglichst unbeeinflusst zu lassen, kann vorgesehen sein, dass die Durchgangsöffnung **20** und gegebenenfalls auch die Wandung des Sackloches **30** mit einem Material, beispielsweise in Form einer Hülse **52**, ausgekleidet ist (siehe strichpunktierte Darstellung bei Durchgangsöffnung **20**), welches eine möglichst geringe Gleitreibung aufweist.

[0059] Die Sensoranordnung der erfindungsgemäßen Kraftmesszelle **10** besteht im Wesentlichen aus einem Hallsensorelement **54** und einem Permanentmagneten **56**. Der Permanentmagnet **56** ist dabei in der Querbohrung **50** des Krafteinleitungsteils **44** fixiert und bewegt sich zusammen mit dem Krafteinleitungsteil **44** entlang von dessen Längsrichtung bei Einwirken von Zug- bzw. Druckkräften von dem Bodenteil **16** weg bzw. zu diesem hin.

[0060] Die in dem Bodenteil **16** vorgesehene Aufnahme **36** nimmt das Hallsensorelement **54** auf, welches über eine Bohrung **51** in dem Bodenteil **16** sowie einem hierzu fluchtenden Durchbruch in einer Seitenwandung des Deckelteils **14** über Signal- und Energieversorgungsleitungen **58** angeschlossen ist.

[0061] Bei der Auswahl der Sensoranordnung wie vorerwähnt wird das Deckelteil **14** sowie das Bodenteil **16** bevorzugt aus ferromagnetischem Stahl ausgebildet, so dass sich eine elektromagnetische Abschirmung für die Hallsensoranordnung ergibt.

[0062] Das Krafteinleitungsteil **44** ist aus einem nicht-magnetischen Material, insbesondere nicht-magnetischem Stahl gefertigt, um einen magnetischen Kurzschluss zu vermeiden.

[0063] Das Material, aus dem die Membran **40** sowie das Ringteil **42** gebildet ist, lässt sich aus unter-

schiedlichen Materialien auswählen, beispielsweise Aluminium. Aluminium ist auch geeignet, um das Krafteinleitungsteil **44** herzustellen. Die Membran **40** sowie das Ringteil **42** können aber auch aus Stahl hergestellt sein.

[0064] Verwendet man andere Sensoranordnungen, beispielsweise eine optische Sensoranordnung wie eingangs beschrieben, kann eine vergleichbare Einbaulage, wie in **Fig. 1** gezeigt, gewählt werden. Hier ergeben sich dann größere Freiheiten in der Auswahl der Materialien, aus denen die einzelnen Komponenten der Kraftmesszelle gebildet werden, da optische Sensoranordnungen als solche durch in der Umgebung vorkommende elektromagnetische Strahlungen nicht beeinflussbar sind. Allerdings ist es oft vorteilhaft, eine Auswerteelektronik zusammen mit einem Sensorelement, sei es ein Hallsensorelement oder ein optisches Detektionselement, auszubilden und in dem Innern der Kraftmesszelle anzuordnen, so dass bereits aufbereitete Signale über die Anschlussleitungen **58** nach außen abgegeben werden können. In einem solchen Fall ist auch bei einer optischen Sensoranordnung bevorzugt, einen elektromagnetischen abschirmenden Werkstoff zur Herstellung des Deckelteils **14** und des Bodenteils **16** zu verwenden, um auch bei rauen elektromagnetischen Umgebungen eine sichere Funktion der Sensoranordnungselektronik zu gewährleisten.

[0065] Die Kennlinie einer Sensoranordnung mit Hallsensor und Permanentmagneten ist zwar nicht genau linear, doch kann eine Linearisierung des Sensorsignals unterbleiben, wenn eine Genauigkeit von 1% ausreichend ist.

[0066] Eine besonders hohe Temperaturstabilität lässt sich bei dieser Sensoranordnung dadurch erreichen, dass man zwei Hallsensorelemente einem Monopol seitens des Permanentmagneten gegenüber anordnet und das Signal als Differenzsignal aufnimmt. Alternativ hierzu wäre die Anordnung eines Dipols gegenüber einem Hallsensorelement zu werten.

[0067] Gleichzeitig erreicht man mit der Differenzmessung, dass man ein maximales Nutzsignal über die Verstärkeranordnung erhält und dies im Wesentlichen unbelastet von einem Nullpunktpegel erhalten werden kann.

[0068] Häufig lässt sich der Hallsensor mit einem Analogdigitalwandler auf einem Chip integrieren, so dass aus der Kraftmesszelle digitalisierte Signale erhalten werden, die auch in rauer elektromagnetischer Umgebung störunanfällig sind.

[0069] **Fig. 2** zeigt eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kraftmesszelle **60** mit einem Gehäuse **62**, welches von einem Deckelteil **64** und

einem Bodenteil **66** gebildet wird. Im Innern des Gehäuses **62** wird zwischen dem Deckelteil **64** und dem Bodenteil **66** ein scheibenförmiger Innenraum **68** geschaffen, in welchem ein Membrankraftaufnehmer **70** aufgenommen wird.

**[0070]** Der Kraftaufnehmer **70** ist im Wesentlichen gleich wie der Kraftaufnehmer **44** der **Fig. 1** aufgebaut und weist neben einer Membran **72** in deren Mitte ein Kraffteinleitungsteil **74** sowie am Umfangsrand einen über eine Oberfläche der Membran **72** überstehenden Ringbund **76** auf. Im montierten Zustand rückt der Ringbund **76** spielfrei in eine komplementär im Deckelteil **64** ausgeformte Ringnut **78** ein und wird in dieser Position von dem Bodenteil **66** gehalten. Hierzu weist das Bodenteil **66**, anders als das Bodenteil **16** der **Fig. 1**, an seinem Außenumfang einen ringsumlaufenden Vorsprung **80** auf, der gegen den Ringbund **76** anliegt. Gegenüber der Membran **72** hält die innen liegende Oberfläche des Bodenteils **66** Abstand.

**[0071]** Im mittleren Bereich des Innenraums **68** sind wieder Rücksprünge in den jeweiligen Innenoberflächen des Deckelteils **64** und des Bodenteils **66** vorgesehen, die mit einem entsprechenden Ringflansch seitens des Kraffteinleitungsteils **74** eine mechanische Überlastsicherung gegen zu große Zug- und Druckkräfte bietet.

**[0072]** Anders als das Kraffteinleitungsteil **44** steht das Kraffteinleitungsteil **74** nicht über die Außenoberfläche des Deckelteils **64** hinaus, sondern endet ungefähr eben mit der Außenoberfläche. Um das Kraffteinleitungsteil **74** mit der Umgebung verbinden zu können, um so sicher Zug- und/oder Druckkräfte mit der Kraftmesszelle **60** bestimmen zu können, weist das Kraffteinleitungsteil **74** an seinem zur Außenoberfläche des Deckenteils weisenden freien Ende ein Sackloch **82** mit einem Innengewinde auf. Auf der gegenüberliegenden Seite weist das Bodenteil **66** einen Schraubbolzen **84** auf, der sich in Axialrichtung des Kraffteinleitungsteils von der Außenoberfläche des Bodenteils **66** wegerstreckt. Selbstverständlich könnte an Stelle des Schraubbolzens **84** auch in das Bodenteil **66** ein Sackloch eingearbeitet sein, welches dann vorzugsweise ein Innengewinde tragen würde.

**[0073]** Die Anordnung und der Aufbau der Sensornordnung in **Fig. 2** ist ähnlich dem im **Fig. 1** und soll hier deshalb nicht näher besprochen werden. Gegenüber **Fig. 1** ist jedoch die Verbindung der Sensornordnung mit der Umgebung anders gelöst. Hier ist in dem Bodenteil **66** eine Buchse **86** vorgesehen, an der Signal- und Versorgungsleitungen **88** der Sensornordnung enden, so dass die Kraftmesszelle **60** einfach beispielsweise mit einer zugehörigen Auswerteelektronik verbunden bzw. von dieser gelöst werden kann.

**[0074]** **Fig. 3** zeigt eine weitere alternative Ausführungsform einer Kraftmesszelle **90** mit einem Gehäuse **92** mit einem Deckelteil **94** und einem Bodenteil **96**, welche wieder ähnlich wie die entsprechenden Teile in **Fig. 1** gestaltet sind.

**[0075]** Deckelteil **94** und Bodenteil **96** definieren zwischen sich einen Innenraum **98**, welcher der Aufnahme eines Membrankraftaufnehmers **100** dient. Der Kraftaufnehmer **100** setzt sich zusammen aus einer Membran **102**, welche an ihrem Außenumfang einen umlaufenden Ringbund **104** trägt und zentral von einem Kraffteinleitungsteil **106** in Bolzenform durchsetzt wird. Die Ausbildung des Kraffteinleitungsteils **106** ist vergleichbar der in **Fig. 1** gezeigten und beschriebenen, so dass hier nicht näher darauf eingegangen werden soll. Um eine zusätzliche Dichtigkeit des Gehäuses **92** zu erreichen, wird das Kraffteinleitungsteil mit seinem nach außen abstehenden Schraubbolzenabschnitt von einer Gummimanschette **108** umgeben. So lässt sich der Innenraum **98** praktisch staubdicht von der Umgebung abschirmen.

**[0076]** Im eingesetzten Zustand greift der Ringbund **104** in eine Ringnut **110** der Innenoberfläche des Deckelteils **94** ein und wird dort von dem Bodenteil **96** gehalten. Das Bodenteil **96** unterscheidet sich in seiner Ausführungsform von dem Bodenteil **16** der **Fig. 1**, indem dort keine Ringnut oder kein ringförmiger Rücksprung am Außenumfang vorgesehen ist, sondern die Oberfläche des Bodenteils **96** in diesem Bereich eben ausgebildet ist. Um die nach innen weisende Oberfläche des Bodenteils **96** von der Oberfläche der Membran **102** zu beabstanden ist dann im Bereich des Ringbundes **104** zwischen dem Membrankraftaufnehmer **100** und dem Bodenteil **96** ein Distanzring **112** eingelegt.

**[0077]** Die Seitenwände des Deckelteils **94** sind so bemessen, dass sie über die außen liegende Oberfläche des Bodenteils **96** im zusammengebauten Zustand der Kraftmesszelle **90** etwas überstehen, so dass das Bodenteil **96** durch ein Verstemmen in dem Deckelteil **94** fixiert werden kann. Dies ist die einfachste und gleichzeitig sichere Fixierung des Bodenteils **96** in dem Deckelteil **94**, und gleichzeitig lässt sich diese Art der Verbindung genauso dicht durchführen wie beispielsweise die Verwendung eines Schraubgewindes oder dergleichen. Letztlich bietet auch das Verschweißen von Bodenteil und Deckelteil eine sinnvolle Alternative.

**[0078]** Die in **Fig. 3** gezeigte Sensornordnung ist zunächst vergleichbar mit der in **Fig. 1** gezeigten und weist ein Hallsensorelement **114** sowie einen Permanentmagneten **116** auf. Hier wird jedoch im Gegensatz zu der **Fig. 1** gegenüberliegend zu dem Hallsensor **114** ein weiterer Hallsensor **118** verwendet. Durch eine solche Anordnung eines ersten und eines weiteren Hallsensors **114**, **118** lässt sich der Nullpunkts-

fehler der Sensoranordnung in erster Näherung eliminieren.

**[0079]** Fig. 4 zeigt schließlich eine Variante der Ausführungsform der Fig. 1 bezüglich der Ausbildung des Bodenteils sowie der Ausbildung der Schraubverbindungen seitens des Krafteinleitungsteils und des Bodenteils. Die dort dargestellte vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kraftmesszelle 120 weist ein Gehäuse 122 auf, mit einem Deckelteil 124 und einem Bodenteil 126. Deckelteil 124 und Bodenteil 126 definieren zwischen sich einen Innenraum 128, in dem ein Membrankraftaufnehmer 130 aufgenommen wird. Der Kraftaufnehmer 130 setzt sich zusammen aus einer Membran 132, einem über beide Membranoberflächen überstehenden Ringbund 134 sowie einem Krafteinleitungsteil 136. Das Deckelteil 124 sowie das Bodenteil 126 weisen an ihren innen liegenden Oberflächen jeweils ringsumlaufende Rücksprünge auf, die den über beide Oberflächen der Membran 132 überstehenden Ringbund zwischen sich aufnehmen und spielfrei klemmen.

**[0080]** Im Gegensatz zu der Ausführung des Deckelteils 14 der Fig. 1 verlaufen die Seitenwände des Deckelteils 124 nicht über die gesamte Höhe der Kraftmesszelle 120, während das Bodenteil 126 an seinem unteren Ende einen ringsum abstehenden Ringflansch 138 aufweist, welcher radialbündig mit den Seitenwänden des Deckelteils 124 fluchtet. Die Sensoranordnung der Ausführungsform der Fig. 4 soll hier nicht näher beschrieben werden und nur darauf abgehoben, dass in dieser Ausführungsform ein durchgängiger Kanal in Radialrichtung von einer Ausnehmung zur Aufnahme des Hallsensors bis zum äußeren Umfang der Kraftmesszelle 120 führt und dort in einer Buchse zur Aufnahme dieser Signalleitungen endet.

**[0081]** Hier bietet sich dann zur Verbindung von Deckelteil und Bodenteil problemlos eine Schraubverbindung an, da die Orientierung im festgezogenen Zustand zwischen Bodenteil und Deckelteil im Hinblick auf die hier getroffene Kabelführung unerheblich ist. Alternativ ist hier auch eine Schweißverbindung sinnvoll.

**[0082]** Zur Verbindung der Kraftmesszelle 120 mit der Umgebung weist das Bodenteil 126 zentral ein Sackloch 140 mit einem Innengewinde auf, und koaxial hierzu ist in dem Krafteinleitungsteil 136 ebenfalls ein Sackloch 142 mit einem Innengewinde vorgesehen.

**[0083]** Es versteht sich aus der vorstehenden Beschreibung, dass die in den Fig. 1 bis 4 angegebenen Varianten der Ausbildung des Membrankraftaufnehmers, insbesondere bezüglich des Ringbundes sowie korrespondierend hierzu die Ausbildung der In-

nenoberflächen des Deckelteils bzw. des Bodenteils in den einzelnen Ausführungsformen austauschbar ist. Gleichfalls austauschbar sind die Lösungen, die gezeigt worden sind, um Schraubverbindungen mit den Kraftmesszellen herzustellen. Schließlich sind dem Fachmann andere Verbindungsarten, wie z.B. Schweißen oder Kleben, Keilverbindungen etc. geläufig, mit denen das Bodenteil und/oder das Krafteinleitungsteil mit der Messumgebung verbindbar ist. Ebenso ist deutlich, dass die spezielle Ausführungsform der Sensoranordnung der Fig. 3 auch auf die Ausführungsformen der anderen Figuren übertragbar ist.

## Patentansprüche

1. Kraftmesszelle mit einem elastisch verformbaren Membran-Kraftaufnehmer zur Aufnahme von zu bestimmenden Druck- und Zugkräften, mit einer Sensoranordnung zur Erfassung der Kraftaufnehmerverformung und deren Umwandlung in ein elektrisches Wägesignal und mit einem biegesteifen mehrteiligen Gehäuse mit einem Innenraum zur Aufnahme und Halterung des Membran-Kraftaufnehmers und der Sensoranordnung, wobei das Gehäuse den Kraftaufnehmer im Wesentlichen allseitig umgibt und eine Durchgangsöffnung aufweist, durch die hindurch der Membran-Kraftaufnehmer mit der zu bestimmenden Kraft beaufschlagbar ist, wobei der Membran-Kraftaufnehmer ein mutig angeordnetes Krafteinleitungsteil und am Randbereich ein über mindestens eine der Membranoberflächen vorspringendes Randteil umfasst und wobei im Innenraum des Gehäuses ein rückspringender Bereich ausgebildet ist, in den der vorspringende Rand des Kraftaufnehmers formschlüssig einrückbar ist.

2. Kraftmesszelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Krafteinleitungsteil koaxial zur Durchgangsöffnung des Gehäuses angeordnet ist.

3. Kraftmesszelle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Krafteinleitungsteil mindestens teilweise in die Durchgangsöffnung hinein erstreckt.

4. Kraftmesszelle nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchgangsöffnung das Krafteinleitungsteil führt und gegen Kippmomente sichert.

5. Kraftmesszelle nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Krafteinleitungsteil und der Durchgangsöffnung ein Spalt vorhanden ist, der eine Breite von ca. 0,1 bis ca. 0,5 mm aufweist.

6. Kraftmesszelle nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Inneren des

Gehäuses eine oder mehrere Anschlagflächen ausgebildet sind, welche die elastische Verformung des Membran-Kraftaufnehmers beim Einwirken von Zug- und/oder Druckkräften begrenzen.

7. Kraftmesszelle nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Kraffteinleitungsteil einen Vorsprung aufweist, welcher mit der einen oder den mehreren Anlageflächen im Sinne der Begrenzung von Zug- und/oder Druckkräften zusammenwirkt.

8. Kraftmesszelle nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Kraffteinleitungsteil im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet ist.

9. Kraftmesszelle nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorsprung als Ringflansch ausgebildet ist.

10. Kraftmesszelle nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Kraffteinleitungsteil mit der Membran über den Ringflansch verbunden ist und dass der Ringbund die Membranoberfläche auf beiden Seiten der Membran überragt.

11. Kraftmesszelle nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran und das Kraffteinleitungsteil einstückig ausgebildet sind.

12. Kraftmesszelle nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran als Kreisscheibe ausgebildet ist, dass der vorspringende Rand als umlaufender Ringbund oder als am Umfang in regelmäßigen Winkelabständen angeordnete Ringbundsegmente ausgebildet ist, und dass das Gehäuse in seinem Inneren eine Ringnut aufweist, in die der Ringbund bzw. die Ringbundsegmente formschlüssig einsetzbar ist/sind.

13. Kraftmesszelle nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Kraffteinleitungsteil an seinem der Membran abgewandten freien Ende ein Schraubgewinde umfasst.

14. Kraftmesszelle nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Kraffteinleitungsteil sich durch die Membranebene hindurch erstreckt, wobei ein erstes freies Ende des Kraftaufnehmers sich in Richtung zu dem Durchbruch des Gehäuses erstreckt und ein zweites freies Ende im Inneren des Gehäuses endet und ein Element der Sensoranordnung trägt.

15. Kraftmesszelle nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse bezogen auf die von der Membran definierte Ebene gegenüberliegend zum Durchbruch einen Schraubbolzen oder ein Schraubgewinde coaxial zum Durchbruch orientiert aufweist.

16. Kraftmesszelle nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnung eine Sensoranordnung für eine berührungsfreie Wegmessung umfasst.

17. Kraftmesszelle nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnung eine induktiv arbeitende Sensoranordnung ist.

18. Kraftmesszelle nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnung einen Hallsensor und einen Magneten umfasst.

19. Kraftmesszelle nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet ein Permanentmagnet ist.

20. Kraftmesszelle nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet am Kraffteinleitungsteil und der Hallsensor am Gehäuse angeordnet ist.

21. Kraftmesszelle nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet am Gehäuse und der Hallsensor am Kraffteinleitungsteil angeordnet ist.

22. Kraftmesszelle nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Hallsensor und der Magnet der Sensoranordnung so ausgebildet und angeordnet sind, dass der Hallsensor im unbelasteten Zustand der Kraftmesszelle ein elektrisches Signal mit einem Wert kleiner oder gleich einem Drittel des Wertes des maximalen Nutzsignales erzeugt.

23. Kraftmesszelle nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet dem Hallsensor gegenüber als Monopol wirkend ausgebildet ist und dass der Hallsensor eine geradzahlige Anzahl an Sensorelementen umfasst, die in Form einer zweidimensionalen Matrix dem Monopol gegenüberliegend angeordnet sind, wobei jeweils zwei der Sensorelemente einen Teil einer elektronischen Differenzschaltung bilden.

24. Kraftmesszelle nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet dem Hallsensor gegenüber als Dipol wirkend ausgebildet ist und dass der Hallsensor ein oder mehrere Sensorelemente, deren Signale getrennt erfassbar sind, umfasst.

25. Kraftmesszelle nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnet am Kraffteinleitungsteil angeordnet ist und dass der Hallsensor zwei Hallsensorelemente umfasst, welche in bezüglich dem Kraffteinleitungsteil diametral gegenüberliegenden Positionen am Gehäuse gehalten sind.

26. Kraftmesszelle nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnung ein optisches Sensorelement umfasst.

27. Kraftmesszelle nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnung eine Lichtquelle und eine Schlitzblende einerseits und eine Differenzphotodiode andererseits umfasst, wobei die Lichtquelle und die Schlitzblende gemeinsam am Kraftaufnehmer gehalten sind und die Differenzphotodiode am Gehäuse der Kraftmesszelle angeordnet ist.

28. Kraftmesszelle nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnung eine Lichtquelle und eine Schlitzblende einerseits und eine Differenzphotodiode andererseits umfasst, wobei die Lichtquelle und die Schlitzblende gemeinsam am Gehäuse der Kraftmesszelle angeordnet sind und die Differenzphotodiode am Kraftaufnehmer gehalten ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

FIG.1

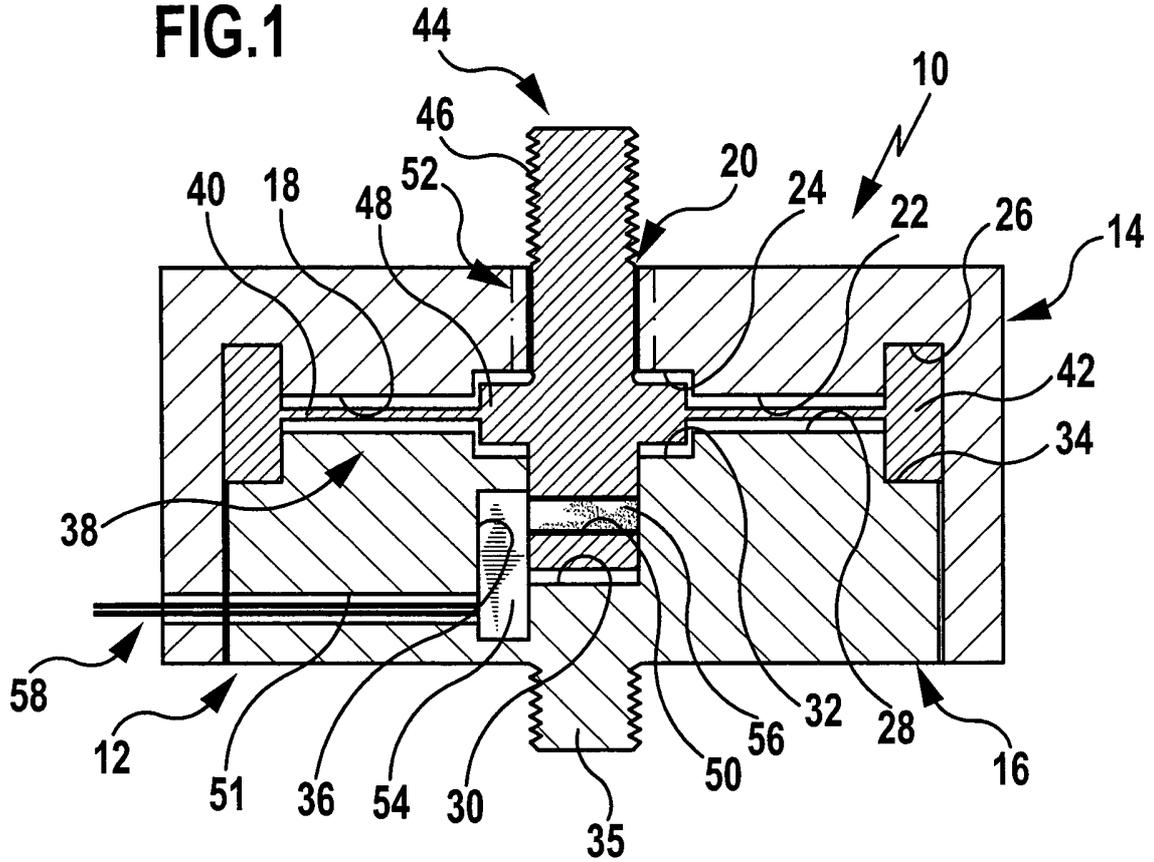
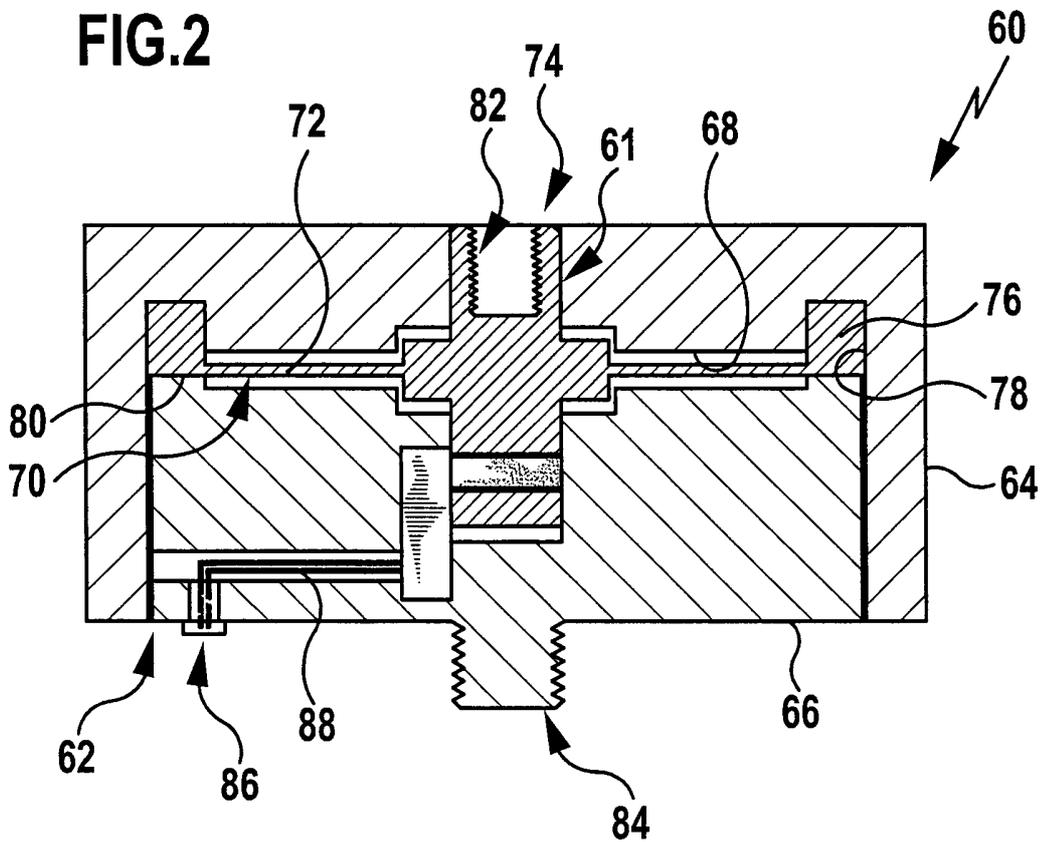
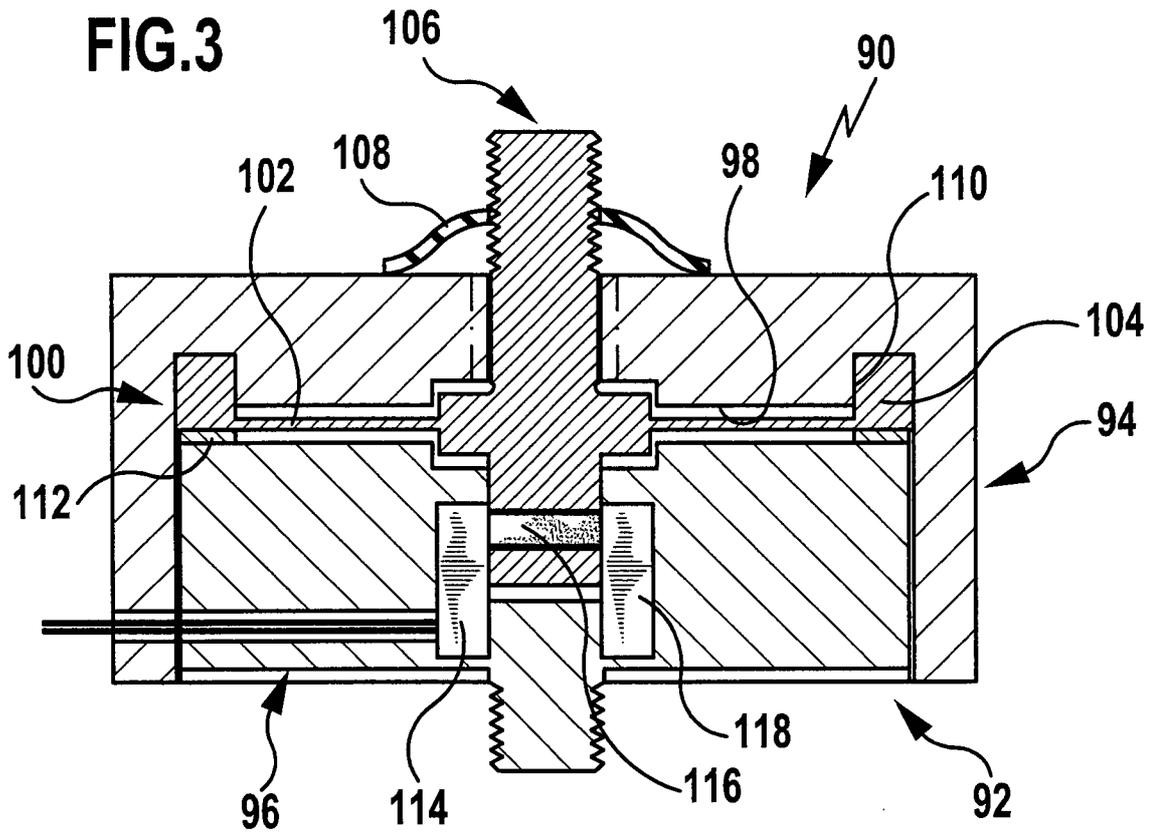


FIG.2



**FIG.3**



**FIG.4**

