



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 667 732 A5

⑤① Int. Cl.⁴: G 01 G 21/18
G 01 G 3/12
G 01 G 23/06

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑫① Gesuchsnummer: 2252/84

⑫② Anmeldungsdatum: 08.05.1984

⑫③ Priorität(en): 09.05.1983 US 492942

⑫④ Patent erteilt: 31.10.1988

⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 31.10.1988

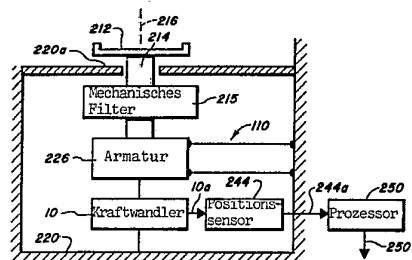
⑫⑦ Inhaber:
Setra Systems, Inc., Acton/MA (US)

⑫⑦② Erfinder:
Lee, Shih-Ying, Lincoln/MA (US)
Briefer, Dennis K., Berlin/MA (US)

⑫⑦④ Vertreter:
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,
Patentanwälte, Basel

⑫⑤④ Wiegeeinrichtung

⑫⑤⑦ Die Wiegeeinrichtung enthält eine Waagschale (212), die mit einer starren Armatur (226) durch einen mechanischen Filter (215) verbunden ist. Dieser begrenzt die Bewegung der Armatur (226) längs einer Bezugsachse gegenüber einem Gehäuse (220) und dämpft die längs der Bezugsachse auftretenden schwankenden Kräfte auf Grund der Verschiebung von Gegenständen auf der Waagschale (212). Der mechanische Filter (215) enthält Feder- und Dämpfelemente, die einen Tiefpassfilter bilden, der Hochfrequenzschwingungen wirksam und schnell beseitigt. Durch die Kopplung der Waagschale (212) über den mechanischen Filter (215) mit der Armatur (226) führt die Reibung im mechanischen Filter (215) nicht zu Reibungsfehlern bei der Wägung. Ein Kraftwandler (10) mit zwei komplementären, einander gegenüberliegenden Oberflächen, die sich in einem lastabhängigen Abstand gegenüberliegen, ist zwischen die Armatur (226) und das Gehäuse (220) gekoppelt. Mit dem Kraftwandler (10) ist ein Positionssensor (244) gekoppelt, der ein Signal erzeugt, das für den Abstand zwischen den komplementären, einander gegenüberliegenden Oberflächen des Kraftwandlers (10) repräsentativ ist.



PATENTANSPRÜCHE

1. Wiegeeinrichtung, gekennzeichnet durch

- a) ein Krafteingangelement zum Abstützen eines zu wiegenden Gegenstandes;
- b) eine starre Armatur (226);
- c) ein erstes Gestänge (110) mit Mitteln zum Koppeln der Armatur (226) mit einem Bezugselement (220), wodurch die Armatur (226) auf eine Bewegung im wesentlichen parallel zu einer Bezugsachse (216) beschränkt ist, wobei die Bezugsachse (216) bezüglich des Bezugselements (220) fixiert ist;
- d) eine mechanische Einrichtung (160) zum Koppeln des Krafteingangelements (212) mit der Armatur (226);
- e) einen Kraftwandler (10), der zwischen der Armatur (226) und dem Bezugselement (220) angeschlossen ist, wobei der Kraftwandler (10) ein Paar von komplementären, einander gegenüberliegenden Oberflächen mit einem gegenseitigen Abstand aufweist, der von der am Kraftwandler (10) wirkenden Kraft abhängig ist;
- f) einen Positionssensor (224) zum Erzeugen eines Signals, das für den Abstand zwischen den komplementären, einander gegenüberliegenden Oberflächen des Kraftwandlers (10) repräsentativ ist, und
- g) einen Prozessor (250) zum elektronischen Verarbeiten des vom Positionssensor (224) erhaltenen Signals und Mittel zur Temperaturkompensation der Wiegeeinrichtung.

2. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Koppeleinrichtung (160) eine Federeinrichtung (168, 170, 172, 174) aufweist.

3. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Koppeleinrichtung (160) eine im wesentlichen starre Verbindung aufweist.

4. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Koppeleinrichtung (160) eine Federeinrichtung (168, 170, 172, 174) zum elastischen Koppeln des Krafteingangelements (212) mit der Armatur (226) und eine Einrichtung (218) zum Dämpfen der gegenseitigen Bewegung des Krafteingangelements (212) gegenüber der Armatur (226) aufweist.

5. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Federeinrichtung (168, 170, 172, 174) eine zur Dämpfungseinrichtung (218) parallel geschaltete erste Federeinrichtung und eine zur Dämpfungseinrichtung (218) in Reihe geschaltete zweite Federeinrichtung zum Schwächen von hochfrequenten Schwingungen aufweist.

6. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 1 oder 5, gekennzeichnet durch eine Überlastschutzeinrichtung, die die maximale Verschiebung des Krafteingangelements (212) in Abhängigkeit von einer auf das Krafteingangelement (212) ausgeübten Kraft begrenzt.

7. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Überlastschutzeinrichtung einen Anschlag (220a) aufweist, der gegenüber dem Bezugselement (220) festliegt und die maximale Verschiebung des Krafteingangelements (212) längs einer zur Bezugsachse (216) parallelen Wiegeachse begrenzt.

8. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Federeinrichtung (168, 170, 172, 174) ein zweites Gestänge mit Mitteln zum Begrenzen des Krafteingangelements (212) auf eine Bewegung im wesentlichen längs einer zur Bezugsachse (216) parallelen Wiegeachse aufweist.

9. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 4 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpfungseinrichtung (218) ein Fluiddämpfer ist und ein Paar von gegenüberliegenden Elementen (218a, 218b) mit komplementären, einander zugewandten Oberflächen aufweist, und dass die eine Oberfläche des Paares mit der Armatur (226) und die andere Oberfläche des Paares mit dem Krafteingangelement (212) gekoppelt

sind, dass beide Oberflächen relativ längs zur Wiegeachse bewegbar sind, und dass die einander gegenüberliegenden Oberflächen eine Vielzahl von Rippen und Vertiefungen aufweisen, wodurch der Fluidstrom zwischen den Rippen und Vertiefungen aufgrund der gegenseitigen Relativ-Bewegung die Dämpfung bewirkt.

10. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Koppeleinrichtung (160) ein an der Armatur (226) gelagertes Stützelement (214) aufweist, und dass die Dämpfungseinrichtung (218) ein Fluiddämpfer ist und eine Fluidkammer aufweist, die von einander gegenüberliegenden Oberflächen des Krafteingangelements (212) und des Stützelements (214) begrenzt ist, und dass die Federeinrichtung ein elastisches Element (213) aufweist, das zwischen den einander gegenüberliegenden Oberflächen angeordnet ist, und dass die Fluidkammer mit einer Öffnung versehen ist, wodurch der in die und aus der Fluidkammer durch die Öffnung hindurch erfolgende Fluidstrom aufgrund der gegenseitigen Bewegung die Dämpfung bewirkt.

11. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das elastische Element (213) eine geschlossene Schleife aus elastischem Material aufweist, das den Spalt zwischen dem Krafteingangelement (212) und dem Stützelement (214) überbrückt und hierdurch die Fluidkammer begrenzt.

12. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das elastische Element (213) eine Vielzahl von elastischen Stützen (217) aufweist, die sich zwischen den einander gegenüberliegenden Oberflächen erstrecken.

13. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Gestänge (110) eine einstellbare Einrichtung aufweist zum Steuern des Bewegungsbereichs der Armatur (226) im wesentlichen längs der Bezugsachse (216).

14. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftwandler (10) leitende Elemente (34, 36) aufeinander gegenüberliegenden Teilen der einander gegenüberliegenden Oberflächen aufweist, und dass der Positionssensor (244) eine mit den leitenden Elementen (34, 36) verbundene elektrische Schaltung aufweist, wodurch die leitenden Elemente (34, 36) und die Schaltung einen Oszillator mit einer charakteristischen Frequenz bilden, die auf den Abstand der komplementären, einander gegenüberliegenden Oberflächen bezogen ist.

15. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Koppeleinrichtung ein Parallelogrammgestänge (150) aufweist mit einem am Krafteingangelement (212) befestigten ersten senkrechten Element (152), mit einem an der Armatur (226) befestigten zweiten senkrechten Element (154), mit zwei zwischen den senkrechten Elementen (152, 154) im allgemeinen parallel im Abstand befestigten elastischen Elementen (156, 158) und mit einer Einrichtung (161, 162, 218'), die zur Dämpfung ihrer gegenseitigen Bewegung zwischen dem Krafteingangelement (212) und der Armatur (226) angeschlossen ist.

16. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpfungseinrichtung (161, 162, 218') zwei Arme (161, 162), von denen jeder mit einem Ende an gegenüberliegenden Seiten des Parallelogrammgestänges (150) befestigt ist und sich im allgemeinen parallel im Abstand zueinander erstrecken, und ein Energie absorbierendes Material (218'), das zwischen den Armen (161, 162) derart angeordnet ist, dass die gegenseitige Bewegung das Material (218') verformt und die Dämpfung bewirkt, aufweist.

17. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Arme (161, 162) aus elastischem Material bestehen.

18. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch

gekennzeichnet, dass sich die Arme (161, 162) im allgemeinen längs einer Diagonalen des Parallelogrammgestänges (150) erstrecken.

19. Wiegeeinrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Arme (161, 162) mit einem Ende an einem der ersten und zweiten senkrechten Elemente (152, 154) befestigt ist.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung bezieht sich auf eine Wiegeeinrichtung, ist als solche eine Weiterentwicklung des Gegenstandes aus dem US-Patent Nr. 4 382 479 und liegt auf dem Gebiet der Instrumentierung und befasst sich speziell mit Gewichtsmesseinrichtungen.

Eine typische vorbekannte Wiegeeinrichtung umfasst eine Plattform oder Waagschale zur Aufnahme des zu messenden Gewichts. Die Waagschale ist über einen Kraftwandler mit einem Stützelement oder Rahmen gekoppelt. Bei verschiedenen Formen des Standes der Technik sind der Wandler und die Waagschale mit dem Stützelement über Gestänge gekoppelt, die für die Gegenstände in der Schale eine relativ genaue Gewichtserfassung gestatten. Beispielsweise können die Kraftsensoren Zugmesser oder eine bewegliche Spule in einem festen Magnetfeld in einer Rückkopplungsanordnung umfassen.

Während die vorbekannten Wiegeeinrichtungen eine relativ genaue Gewichtsangabe der Gegenstände liefern, die in die Waagschale gelegt werden, gibt es eine Anzahl von Nachteilen. Beispielsweise sind viele derartige Einrichtungen besonders empfindlich für aussermittiges Auflegen des zu messenden Gegenstands auf die Waagschale. Eine aussermittige Belastung kann die Ursache für Fehler aufgrund von Reibungsverlusten sein. Um Verlusten dieser Art entgegenzuwirken, verwenden die vorbekannten Wiegeeinrichtungen häufig verschiedene Formen von mechanischen Gestängen, um derartige Fehler zu reduzieren. Beispielsweise offenbart die US-PS 4 026 416 eine Biegeanordnung, welche die Bewegung der Waagschale längs einer einzigen Abtastachse beschränkt. Derartige Einrichtungen sind jedoch in ihrem Bewegungsbereich und folglich im Bereich der zulässigen Gewichte beschränkt.

Ein weiterer Nachteil vieler vorbekannter Wiegeeinrichtungen ist ihre Temperaturempfindlichkeit, was auf Temperatureffekte am Abtastwandler und der zugeordneten Schaltung zurückzuführen sein dürfte.

Das Ziel der Erfindung ist eine genaue, temperaturkompensierte Wiegeeinrichtung vorzuschlagen.

Die erfindungsgemässe Lösung dieser Aufgabe ist durch den Patentanspruch 1 definiert. Bevorzugte Ausführungsformen des Erfindungsgegenstandes gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der Erfindung unter Verwendung einer «parallelen» Dämpfung;

Fig. 2 eine Ausführungsform der Wiegeeinrichtung nach Fig. 1 in Draufsicht;

Fig. 3 einen Schnitt nach der Linie 3-3 in Fig. 2;

Fig. 4 eine schematische Darstellung des Positionssensors in der Ausführungsform nach Fig. 1;

Fig. 5 eine Ausführungsform des Induktors des Positionssensors von Fig. 4;

Fig. 6 ein Blockdiagramm des Prozessors in der Ausführungsform nach Fig. 1;

Fig. 7 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der Erfindung unter Anwendung einer seriellen mechanischen Filterung;

Fig. 8 eine schematische Darstellung einer alternativen Ausführungsform der Erfindung unter Anwendung einer seriellen mechanischen Filterung;

Fig. 9 einen Schnitt einer Ausführungsform des seriellen mechanischen Filters von Fig. 7;

Fig. 10 einen Schnitt einer alternativen Ausführungsform des seriellen mechanischen Filters von Fig. 7;

Fig. 11 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung unter Anwendung einer seriellen mechanischen Filterung und

Fig. 12 eine schematische Darstellung einer analogen mechanischen Ausführung des seriellen mechanischen Filters von Fig. 11.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Wiegeeinrichtung 210 nach der Erfindung unter Anwendung einer parallelen Dämpfung, wie sie in der US-PS 4 382 479 beschrieben ist. Diese Ausführungsform umfasst eine Waagschale 212 und einen zugehörigen Stützpfeiler 214, der für eine Bewegung längs einer Bezugsachse 216 geeignet ist. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann die «Schale» durch irgendeine andere Art eines Kräfteingangselements ersetzt werden. Der Stützpfeiler 214 ist über eine mechanische Dämpfungsanordnung 218 mit einem Bezugselement (oder Gehäuse) 220 gekoppelt, welches gegenüber der Bezugsachse 216 feststeht. Die Waagschale 212 und deren Stützpfeiler 214 sind mit einem Armaturelement oder einer Armatur 226 über ein Parallelogrammgestänge 160 verbunden.

Bei einer weiteren Ausführungsform gemäss Fig. 7 ist der Stützpfeiler 214 über eine mechanische Dämpferanordnung 218 mit der Armatur 226 «in Reihe» geschaltet. Fig. 8 ist eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform einer Waage 219 nach der Erfindung unter Verwendung eines verallgemeinerten «seriellen» mechanischen Filters. Fig. 9 und 10 zeigen alternative Ausführungsformen des «seriellen» mechanischen Filters von Fig. 8. Fig. 11 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform des «seriellen» mechanischen Filters von Fig. 8.

Bei allen Ausführungsformen von Fig. 1, 7, 8 oder 11 ist die Armatur 226 über ein Parallelführungsgestänge 110 mit dem Bezugselement 220 verbunden. Ein Kraftwandler 10 ist zwischen die Armatur 226 und das Bezugselement 220 gekoppelt. Der Kraftwandler 10 ist über eine Leitung 10a mit einem Positionssensor 244 gekoppelt. Der Positionssensor 244 liefert seinerseits ein Ausgangssignal auf einer Leitung 244a, welches für die Bewegung eines Elements des Kraftwandlers 10 repräsentativ ist, die sich aufgrund der Verlagerung der Waagschale 212 durch das darin befindliche zu messende Gewicht ergibt.

Ein Prozessor 250 spricht auf das Signal auf der Leitung 244a an und liefert ein Ausgangssignal auf der Leitung 250a. Dieses Signal ist repräsentativ für das Gewicht des Gegenstands in der Waagschale 212.

Fig. 2 zeigt eine Draufsicht (ohne Waagschale 212). Fig. 3 zeigt einen Querschnitt durch eine beispielsweise Ausführungsform der Wiegeeinrichtung aus Fig. 1.

Im folgenden werden die verschiedenen Elemente der Wiegeeinrichtung beschrieben.

Die Waagschale 212 ist bei allen dargestellten Ausführungsformen eine Plattform, die sich zur Aufnahme eines von einer Wiegeeinrichtung 210 zu wiegenden Gegenstands eignet. Ein kreisförmiger zylindrischer Stützpfeiler 214 steht von der Unterseite der Waagschale 212 ab. Dieser Pfeiler

214 ist im wesentlichen auf eine nahezu reibungslose gedämpfte Bewegung längs der Bezugsachse 216 beschränkt, und zwar durch Teile der Einrichtung 210, die weiter unten beschrieben sind.

Zur Begrenzung und Dämpfung der senkrechten Bewegung des Stützpfeilers 214 können beliebig viele Dämpfungseinrichtungen Verwendung finden. Bei der Ausführungsform von Fig. 1 ist der Dämpfer 218 zwischen dem Stützpfeiler 214 und dem Bezugselement 220 «parallel» geschaltet. Eine Ausführungsform dieses Dämpfers «paralleler» Bauart verwendet zwei im allgemeinen kreisförmige Elemente 218a und 218b, vgl. Fig. 2 und 3. Die einander gegenüberliegenden Teile der Elemente 218a und 218b enthalten jeweils einen Satz von konzentrischen kreisförmigen Rippen. Bei einer gegenseitigen Bewegung der Elemente 218a, 218b längs der Bezugsachse 216 kommen die Rippen des Elements 218a in Eingriff mit den Rippen des Elements 218b derart, dass die zwischen den Rippen verdrängte Luft eine schwache Reibungswirkung der gegenseitigen Bewegung der Elemente 218a, 218b erzeugt. Die maximale Abwärtsverschiebung der Waagschale 212 ist auf die Tiefe der Rippen der Elemente 218a und 218b beschränkt.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung gemäss Fig. 7 ist der Dämpfer 218 zwischen dem Stützpfeiler 214 und der Armatur 226 «in Reihe» geschaltet. Diese Kopplung hat den Vorteil, dass Reibungsverluste im Dämpfer keine Fehler des gemessenen Gewichts liefern, wie sie es können, wenn der Dämpfer zwischen dem Krafteingangselement und dem Gehäuse parallelgeschaltet ist. Diese Anbringung des Dämpfers 218 erfolgt durch Befestigen des Elements 218b am Boden der Armatur 226 am V-förmigen Element 138 (Fig. 2 und 3) des Gestänges 110 statt am Gehäuse 220 gemäss Fig. 2 und 3.

Fig. 11 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform des seriellen mechanischen Filters der Erfindung. Fig. 12 zeigt schematisch eine vereinfachte mechanische analoge Schaltung. Bei der Ausführungsform von Fig. 11 ist die Funktion des Parallelbewegungsgestänges 160 von Fig. 7 und der Verdrängungsluftdämpfer 218 durch ein Parallelogrammgestänge 150 ersetzt mit zwei im allgemeinen parallelen, starren «senkrechten» Elementen 152 und 154, die durch zwei im allgemeinen parallele, elastische Federelemente 156, 158 verbunden sind. Diese Parallelogrammgestänge sind durch ihre aneinandergrenzenden Enden so aneinander befestigt, dass einer im allgemeinen senkrechten Verschiebung eines der senkrechten Elemente 152, 154 gegenüber dem anderen derartigen Element in Abhängigkeit von der Kraft eines zu wiegenden Gegenstands durch die Federkraft entgegengewirkt wird, die durch eine S-förmige Durchbiegung der Elemente 156, 158 erzeugt wird. Diese Parallelogrammstruktur liefert eine geführte Bewegung des senkrechten seitlichen Elements 152 im allgemeinen längs der senkrechten Bezugsachse 216. Die Elemente 152, 154, 156 und 158 sind senkrecht zur Ebene von Fig. 11 auch ausreichend breit, um anderen Momenten zu widerstehen als denjenigen, die längs der Bezugsachse 216 gerichtet sind. Während das Parallelogrammgestänge 150 zwei senkrechte Elemente aufweist, so dass sie eine unabhängige Biegung ausführt, ist ersichtlich, dass die äquivalente Funktion erzielbar ist durch Befestigen der Federelemente 156, 158 unmittelbar am Stützpfeiler 214 und an der Armatur 226.

Das Parallelogrammgestänge 150 enthält zwei Arme 161, 162, die jeweils an einem der senkrechten Elemente befestigt sind. Die Arme 161, 162 können starr sein, sind aber vorzugsweise beim Biegebetrieb biegsam und beim Zug-Druckbetrieb längs ihrer eigenen Achsen ziemlich starr. Sie erstrecken sich parallel im Abstand zueinander vorzugsweise längs einer Diagonale des Parallelogrammgestänges. Die

freien Enden 161a, 162a der Arme 161, 162 überdecken einander. Ein Teil aus energieabsorbierendem (mit Verlusten behaftetem) elastischem Material 218' ist zwischen den Enden 161a, 162a befestigt. Das Material 218' wirkt als

5 Dämpfer zum Schwächen der Schwingungen, die erzeugt werden durch einen auf die Waagschale 212 gelegten Gegenstand oder durch äussere Schwingungen der Oberfläche, auf der sich das Wiegesystem 210 befindet. Die Biegung des Parallelogrammgestänges erzeugt hauptsächlich eine Scherbewegung im Material 218', obwohl es auch einen Zug- oder Dickenverringernbetrieb gibt. Wenn dagegen die Arme völlig starr und an ihren Verankerungspunkten angelenkt sind, ergibt eine Verformung des Biegeelements nur eine Scherung des Materials 218'. Es sei angegeben, dass die Arme 161, 162 und das Material 218' des Parallelogrammgestänges 150 eine gewisse Nachgiebigkeit verleihen. Es sei auch angegeben, dass die Anordnung der Arme 161, 162 nicht kritisch ist. Sie können zum Beispiel mit den senkrechten Elementen an einer Stelle verbunden sein, die von den an die Elemente 156, 158 angrenzenden Ecken entfernt sind, oder können mit den biegsamen Elementen selbst verbunden sein.

Fig. 12 ist ein mechanisches Gegenstück zur gedämpften Parallelogrammstruktur von Fig. 11. Die Anordnung ist im wesentlichen ein gedämpftes Feder-Masse-System mit dem Material 218', das in Reihe mit einer Feder S_1 und einer Masse angeordnet ist und die Dämpfung und einen Grad von Nachgiebigkeit vorsieht. Dieses System enthält jedoch ein Federelement, das mit dem Dämpfer parallelgeschaltet und durch eine Feder S_2 wiedergegeben ist. Somit ist die Feder S_1 30 wichtig beim Schwächen von hochfrequenten Schwingungen, da der Dämpfer bei Hochfrequenzen so anspricht, als ob eine starre Verbindung vorhanden wäre. Ein einfaches gedämpftes Feder-Masse-System schwächt für gewöhnlich diese hohen Frequenzen nicht wirksam ab, da diese von der Resonanzfrequenz des Systems für gewöhnlich weit entfernt sind.

Ein weiterer ausgeprägter Vorteil des gedämpften Parallelogrammgestänges 150 besteht darin, dass es eine serielle mechanische Filterung und Kopplung zwischen dem Krafteingangselement und der Armatur bei Verwendung einer Konstruktion vorsieht, die aus üblichen Materialien leicht hergestellt werden kann. Zum Beispiel können die Elemente 156, 158, 161 und 162 aus Federstahl hergestellt sein. Dies vermeidet die Verwendung eines verhältnismässig komplexen Biegeelements 160 und eines Dämpfers 218. Die Elemente 156, 158 können im wesentlichen steif sein. Diese Anordnung liefert keine Elastizität oder Dämpfung und daher keine mechanische Filterung. Jedoch ist die Wiegeeinrichtung trotzdem mit der weiter unten beschriebenen 45 Signalverarbeitung betriebsfähig. Dies ist in mechanischer Hinsicht äquivalent einer direkten starren Kopplung zwischen der Waagschale und dem Kraftwandler, und es ist natürlich möglich, diese Kopplung vorzusehen.

Eine weitere Ausführungsform eines einfachen, preiswerten Dämpfers in «Reihenschaltung» ist in Fig. 10 gezeigt, wo der Stützpfeiler 214 ein im allgemeinen kreisförmiges Stützelement 214a hält und sich ein im allgemeinen kreisförmiges hohles elastisches Rohrelement 213 zwischen der Unterseite der Waagschale 212 und der Oberseite des Elements 214a erstreckt. Bei dieser Ausführungsform und auch bei denjenigen von Fig. 7, 8 und 9 hat das Gehäuse 220 einen Anschlag 220a, der sich unter der Waagschale 212 erstreckt und normalerweise in geringem Abstand unter der Unterseite der Waagschale angeordnet ist. Bei der Ausführungsform von Fig. 9 besteht der Gehäuseanschlag 220a aus einem 65 erhabenen Teil des Gehäuses 220. Bei dieser Konstruktion wirkt der Gehäuseanschlag 220a als Anschlagelement, das die maximale senkrechte Abwärtsverschiebung der Waag-

schale begrenzt. Wenn die anfänglichen augenblicklich ausgeübten Kräfte gross sind, begrenzt das Anschlagelement 220a die maximale Amplitude der Schwingungen und unterstützt hierdurch den Dämpfer 218 beim schnellen Bringen des Krafteingangselements in eine Ruhestellung. Der Gehäuseanschlag 220a befindet sich auch im Abstand von Stützpfeilen 214, so dass an dieser Zwischenfläche keine Reibungsverluste auftreten.

Gemäss Fig. 10 befindet sich innerhalb des Umfangs des Rohrelementes 213 eine Öffnung 215, die das Ein- und Ausströmen von Luft ermöglicht, die zwischen der Waagschale 212, dem Stützelement 214a und dem Rohrelement 213 eingeschlossen ist, wenn ein Gegenstand zum Wiegen auf die Waagschale gelegt ist. Die Grösse der Dämpfung durch diese Anordnung wird durch die je Zeiteinheit verdrängte Luftmenge und daher schliesslich durch die Grösse der Öffnung bestimmt. Eine Anzahl von elastischen Stützelementen 217 zwischen der Waagschale 212 und dem Oberteil des Stützelementes 214a dient zum Stützen der Waagschale, wirkt als Federelemente und wirkt an den Grenzen ihrer Zusammendrückung in Verbindung mit dem Gehäuseanschlag 220a als Anschlagelemente, die die Abwärtsverschiebung der Waagschale begrenzen.

Eine alternative Ausführungsform dieser Luftfederbauart mit Dämpfer in Reihenschaltung ist in Fig. 9 gezeigt, wo eine im allgemeinen kreisförmige Waagschale 212 eine nach unten abstehende Schürze 212a aufweist. Der Stützpfeilen 214 ist mit einem im allgemeinen kreisförmigen Element 214a versehen, das an dem oberen Ende waagrecht angeordnet ist und dessen Durchmesser so gewählt ist, dass der Spalt zwischen dem Stützelement 214a und der Schürze 212a als Öffnung dient, die das Ausströmen der zwischen der Plattform, der Unterseite der Waagschale und der Schürze eingeschlossenen Luft ermöglicht. Diese ringförmige Öffnung wirkt in derselben Weise wie die Öffnung 215 in der Ausführungsform von Fig. 10. In ähnlicher Weise dient eine Anzahl von elastischen Stützen 217 zwischen der Waagschale und dem Stützelement 214a als federartige Waagschalensützen und als Anschlagelemente.

Bei den Ausführungsformen von Fig. 1 und 7 ist der Stützpfeilen 214 mit einer Armatur 226 über ein Gestänge 160 gekoppelt. Das Gestänge 160 ist ein Gestänge, welches die Bewegung eines Bezugselements, welches dem Stützpfeilen 214 entspricht, auf eine Bewegung längs einer Bezugsachse, welcher der Achse 216 entspricht, beschränkt, die eine im wesentlichen feste Orientierung bezüglich der Armatur 226 hat. Die «Parallelogramm»-Bewegung des Gestänges 160 ist erwünscht, um die Waagschale waagrecht auszurichten. Diese Wirkung ist aber nicht wesentlich.

Bei dem in Fig. 2 und 3 gezeigten Ausführungsbeispiel hat die Armatur 226 die Form eines geschlossenen Metallblechgehäuses. Fig. 1 zeigt das Gestänge 160.

Das Gestänge 160 ist geeignet, die Bewegung eines Bezugselements 162 (welches dem Stützpfeilen 214 entspricht) auf eine Bewegung längs einer Bezugsachse 164 zu beschränken (welche der Bezugsachse 216 entspricht), welche bezüglich eines Stützelements 166 feststeht (welches der Armatur 226 entspricht). Das Gestänge 160 umfasst zwei Paare von V-förmigen elastischen Biegeelementen. Das erste oder obere Paar umfasst die Elemente 168 und 170, während das zweite oder untere Paar die Elemente 172 und 174 umfasst. Jedes der Elemente 168, 170, 172 und 174 besitzt einen Scheitelendbereich und erste sowie zweite ferne Endbereiche.

Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die ersten fernen Endbereiche des oberen Paares von Biegeelementen (Elemente 168 und 170) miteinander gekoppelt, während die zweiten fernen Endbereiche des oberen Paares miteinander gekoppelt sind. In ähnlicher Weise sind die ersten fernen

Endbereiche des unteren Paares von Biegeelementen (Elemente 172 und 174) miteinander gekoppelt, während die zweiten fernen Endbereiche des unteren Paares miteinander gekoppelt sind.

Die ersten fernen Endbereiche des oberen Paares von Biegeelementen sind ausserdem mit den entsprechenden ersten fernen Endbereichen des unteren Paares von Biegeelementen über ein starres Kopplungselement 176 mit der Länge L in der Richtung der Bezugsachse 216 gekoppelt. In ähnlicher Weise sind die zweiten fernen Endbereiche des oberen Paares von Biegeelementen auch mit den zweiten fernen Endbereichen des unteren Paares von Biegeelementen durch ein starres Kopplungselement 178 mit der Länge L in Richtung der Bezugsachse 216 gekoppelt.

Der Scheitelteil des oberen Biegeelements 168 des oberen Paares ist mit dem Stützelement 166 (d.h. der Armatur 226) an einem Punkt M1 gekoppelt. In ähnlicher Weise ist der Scheitelbereich des oberen Elements 172 des unteren Paares mit dem Stützelement 166 (d.h. mit der Armatur 226) an einem Punkt M2 gekoppelt, wobei die Punkte M1 und M2 in Richtung der Achse 164 (d.h. der Achse 216) durch einen Abstand L getrennt sind.

Der Scheitelteil des unteren Biegeelements im oberen Paar ist mit dem Bezugselement 162 (d.h. mit dem Stützpfeilen 214) an einem Punkt N1 gekoppelt. In ähnlicher Weise ist der Scheitelteil des unteren Elements 174 des unteren Paares mit dem Bezugselement 162 (d.h. dem Stützpfeilen 214) an einem Punkt N2 gekoppelt.

Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel wirken die Verlängerungen der Scheitelteile über die betreffenden Punkte T, U, V und W hinaus im wesentlichen als starre Kopplungen mit den betreffenden Stützpfeilen 214 und der Armatur 226. Folglich ist der Abstand zwischen den Punkten M1 und M2 (M1M2) im wesentlichen gleich dem Abstand zwischen den Punkten T und U (TU) und der Abstand zwischen den Punkten N1 und N2 (N1N2) ist im wesentlichen gleich dem Abstand zwischen den Punkten V und W (VW), wobei sich alle diese Abstände M1M2, TU, N1N2 und VW auf Abstände in Richtung der Bezugsachse 216 beziehen. Im Ergebnis sind alle diese Abstände QS, PR, VW und TU gleich dem Abstand L.

Ausserdem hat der Punkt S an der Oberfläche der Biegeelemente 172 und 174 gleiche Abstände von den Punkten W und U (d.h. SW=SU), der Punkt R hat den gleichen Abstand auf der Oberfläche der Biegeelemente 172 und 174 von den Punkten W und U (d.h. RW=RU), der Punkt Q hat den gleichen Abstand auf der Oberfläche der Biegeelemente 168 und 170 von den Punkten T und V (d.h. VQ=TQ), und der Punkt P hat den gleichen Abstand auf der Oberfläche der Biegeelemente 168 und 170 von den Punkten T und V (d.h. VP=TP).

Mit dieser Anordnung und in Verbindung mit dem Dämpfer 218 ist das Bezugselement 162 (entsprechend dem Stützpfeilen 214 in Fig. 2 und 3) auf relativ grosse gedämpfte Bewegungen im wesentlichen längs der Achse 164 beschränkt (die der Bezugsachse 216 in Fig. 2 und 3 entspricht), die bezüglich des Stützelements 166 (entsprechend Fig. 2 und 3) fixiert ist. Solche Bewegungen können in Abhängigkeit von Kräften auftreten, die durch Gegenstände in der Waagschale 212 verursacht werden.

Die Armatur 226 ist auch mit dem Bezugselement (oder Gehäuse) 220 über das Gestänge 110 verbunden. Das Gestänge 110 ist ein Gestänge, welches die Bewegung des Bezugselements auf eine Bewegung längs einer Bezugsachse beschränkt, welche parallel zur Bezugsachse 216 verläuft und eine im wesentlichen feste Orientierung bezüglich des Bezugselements 220 besitzt.

Das Gestänge 110 ist geeignet, die Bewegung eines Bezugs-

elements 112 (welches der Armatur 226 entspricht) auf eine Bewegung längs einer Achse 116 zu begrenzen (die einer Achse parallel zur Bezugsachse 216 entspricht), wobei diese erste Bezugsachse 116 bezüglich eines Bezugselements 220 fixiert ist. Das Gestänge 110 umfasst ein Paar länglicher Biegeelemente 124 und 126. Die Biegeelemente 124 und 126 sind, wie gezeigt, Träger mit Biegestellen 125 bzw. 127 an einem Ende. Die Biegestellen 125 und 127 an den Enden jedes der Biegeelemente 124 und 126 sind durch die betreffenden Träerteile 124a und 126a mit dem Stützelement 220 verbunden.

Das andere Ende jedes der Biegeelemente 124 und 126 ist mittels einer einstellbaren Kopplungsanordnung mit dem Bezugselement 220 verbunden. Die einstellbare Kopplungsanordnung für das Biegeelement 124 umfasst eine Schraube 130 in der Nähe des freien Endes des Biegeelements 124 sowie eine zugeordnete Gewindebohrung mit einem Verlängerungsteil 132 des Bezugselements 220. Die Bewegung dieses Endes des Biegeelements 124 wirkt einer Feder 134 entgegen. Bei dieser Anordnung kann die Schraube 130 gedreht werden, um das freie Ende des Biegeelements 124 in der Richtung der Achse 116 einstellbar zu positionieren.

In ähnlicher Weise umfasst die einstellbare Kopplungsvorrichtung für das Element 126 eine Schraube 131 in der Nähe des freien Endes des Biegeelements 126, eine zugeordnete Gewindebohrung im Verlängerungsteil 132 und eine Feder 135. Die Schraube 131 kann gedreht werden, um das freie Ende des Biegeelements 126 in Richtung der Achse 116 einstellbar zu positionieren.

Das Gestänge 110 umfasst ferner zwei V-förmige Biegeelemente 136 und 138, von denen jedes ein Scheitelende (mit einer Biegestelle oder einem Scharnier) und zwei ferne Endbereiche (jeweils mit einer Biegestelle oder einem Scharnier) umfasst. Die Scheitelbereiche der Biegeelemente 136 und 138 sind (über Verlängerungsträerteile 136a und 138a über die Scheitelbiegestelle hinaus) mit den Enden des Bezugselements 112 an Punkten B bzw. C gekoppelt, die in Richtung der Bezugsachse 116 durch den Abstand X getrennt sind.

Das erste und zweite ferne Ende des Biegeelements 136 sind an den Kopplungspunkten A bzw. D über Verlängerungsträerteile 136b bzw. 136c (jenseits der Biegestellen am fernen Ende) und über zugeordnete Abstandselemente 142 bzw. 143 mit den Biegeelementen 124 und 126 an Punkten zwischen den Biegestellen und den freien Enden dieser Biegeelemente verbunden. Die Punkte A und D liegen längs einer Achse 140, welche nominell parallel senkrecht zur Bezugsachse 116 liegt. Bei der bevorzugten Ausführungsform sind die Punkte A und D in der Größenordnung von 1/10 des Abstands von der Biegestelle zum freien Ende des betreffenden Biegeelements 124 und 126.

Das erste und das zweite ferne Ende des V-förmigen Elements 138 sind mit dem Stützelement 220 (durch Verlängerungsträerbereiche 138b bzw. 138c jenseits der Biegungen am fernen Ende) mit ihren jeweiligen Biegestellen verbunden, die an den Punkten E und F liegen. Die Punkte E und F liegen auf einer dritten Bezugsachse 144, die zur Achse 116 senkrecht ist.

Wenn die Achse 140 parallel zur Achse 144 ist und von dieser durch den Abstand X in Richtung der Achse 116 getrennt ist, dann ist die Bewegung des Bezugselements 112 derart beschränkt, dass sie im wesentlichen längs der Achse 116 erfolgt. Ausserdem ist das Element 112 im wesentlichen widerstandsfähig gegenüber Momenten um die Achse 116.

Das Gestänge 110 ist besonders leicht so einzustellen, dass die Achsen 140 und 144 parallel sind. Im allgemeinen können die Schrauben 130 und 131 einstellbar positioniert werden, um eine «Feinabstimmung» oder eine genaue Kontrolle dieser Bewegungen zu erreichen. Die Lage der Verbin-

dung des Endes der Elemente 136 und 138 längs der Biegeelemente 124 und 126 kann selektiv gewählt werden, um eine Nonius-Kontrolle der Echtheit dieser Bewegung zu liefern.

Beim gezeigten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Abstand zwischen den Punkten A und B gleich dem Abstand zwischen den Punkten D und B. Der Abstand zwischen den Punkten F und C ist gleich dem Abstand zwischen den Punkten E und C. Diese Beziehungen erlauben den maximalen Bewegungsbereich des Elements 112 längs der Achse 116. Es können jedoch auch andere Beziehungen benutzt werden.

Bei der beschriebenen Konstruktion für das Gestänge 110 gestatten die beiden Einstellschrauben 130 und 131 ein vollständiges Ausrichten bzw. eine «Feinabstimmung» des Gestänges zur Optimierung der Bewegung der Armatur 226. Das Gestänge ist besonders widerstandsfähig gegen Momente, die durch aussermittige Belastung in irgendeiner Richtung durch einen zu wiegenden Gegenstand in der Waagschale 212 entstehen.

Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Biegeelemente 124, 126, 134 und 136 relativ starre Träger mit Biegestellen an bestimmten Orten. Bei anderen Ausführungsbeispielen können diese Elemente durch Elemente mit einer verteilten Biegestelle, zum Beispiel, Federstahl, ersetzt werden.

Der Kraftwandler 10 ist zwischen der Armatur 226 und dem Stützelement 220 angeschlossen. Beim gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Kraftwandler 10 ein kapazitiver Sensor.

Der Kraftwandler 10 umfasst ein Paar von einen rechteckigen Querschnitt aufweisenden länglichen Elementen 12 und 14, die sich längs einer gemeinsamen zentralen Achse 16 erstrecken. Das längliche Element 12 ist auch in Fig. 2 gezeigt. Die Elemente 12 und 14 besitzen an ihren einander benachbarten Enden komplementäre Flächen. Wie gezeigt, bilden die gesamten Endbereiche der Elemente 12 und 14 die komplementären Flächen, obwohl die komplementären Flächen bei anderen Ausführungsbeispielen nur ein Teil der benachbarten Enden sein können.

Beim gezeigten Ausführungsbeispiel umfassen die Flächen der Elemente 12 und 14 ebene Bereiche 20 bzw. 22, die in Richtung einer ersten Bezugsachse 30 versetzt sind, die senkrecht zur zentralen Achse 16 verläuft. Die ebenen Bereiche 20 und 22 sind parallel zu einer zweiten Bezugsachse 24, die senkrecht zu den Achsen 16 und 30 verläuft. Beim bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die ebenen Bereiche 20 und 22 auch parallel zur zentralen Achse 16, obwohl sie bei anderen Ausführungsbeispielen auch winkelmässig gegenüber der Achse 16 versetzt sein können. Wie gezeigt, sind die Flächen auf beiden Seiten der Flächen 20 und 22 parallel zur Achse 30 und senkrecht zur Achse 16, obwohl andere Orientierungen dieser Flächen ebenfalls benutzt werden können. Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Elemente 12 und 14 im wesentlichen identisch. Diese Elemente sind miteinander verbunden und bilden den Kraftwandler 10.

Die länglichen Elemente 12 und 14 umfassen jeweils zwei ebene Schlitze, die, ausgehend von ihren komplementären Flächen, in zu den Achsen 16 und 24 parallelen Ebenen verlaufen.

Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die beiden Schlitze in den beiden Elementen 12 und 14 gleich tief. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann in jedem der Elemente 12 und 14 der Schlitz eine Tiefe A und der andere Schlitz eine Tiefe B haben, wobei mindestens A oder B von Null verschieden ist und die Summe A + B einem gegebenen Wert gleich ist. Ausserdem sind die beiden Schlitze im Element 12 in Richtung der Achse 30 im Abstand voneinander

angeordnet, so dass der obere Trägereil 12a und der untere Trägereil 12b des Elements 12 (d.h. die durch die Schlitzte und die äusseren Endflächen des Elements 12 begrenzten Trägereile) für Momente bezüglich zur Achse 24 parallelen Achsen relativ flexibel sind.

Beim betrachteten Ausführungsbeispiel sind die Elemente 12 und 14 im wesentlichen identisch. Folglich werden die beiden Schlitzte der Elemente 14 so betrachtet, dass sie den «oberen» Trägereil 14 und den «unteren» Trägereil 14b bilden.

Die ebenen Bereiche 20 und 22 der Elemente 12 und 14 tragen jeweils ein im wesentlichen ebenes elektrisches leitfähiges Element 34 bzw. 36.

Der obere Trägereil 12a und der untere Trägereil 14b der Elemente 12 bzw. 14 sind durch das Element 42 verbunden, während der untere Trägereil 12b und der obere Trägereil 14a der Elemente 12 bzw. 14 durch das Element 44 verbunden sind. In der so erhaltenen Konstruktion sind die komplementären Flächen der Elemente 12 und 14 gegenseitig in Richtung der Achse 16 versetzt und die gegenüberliegenden leitfähigen Oberflächen der Elemente 34 und 36 sind gegeneinander in Richtung der Achse 30 versetzt. Bei der bevorzugten Ausführungsform bestehen die Elemente 12 und 14 aus Quarz und die angrenzenden Elemente 42 und 44 ebenfalls aus Quarz, so dass diese Elemente sämtlich durch Schmelzen verbunden werden können, um eine monolithische Struktur zu bilden. Bei anderen Ausführungsformen können andere Materialien, z.B. Titansilikat, Keramikmaterialien oder andere dielektrische Materialien verwendet werden.

Der Kraftwandler 10 umfasst ausserdem ein starres Stützelement 50, das starr am Element 14 befestigt ist, und ein starres Eingangskraftelement 52, das starr am Element 12 befestigt ist. Die Elemente 50 und 52 können ebenfalls aus Quarz bestehen und mit den zugeordneten Blöcken 12 bzw. 14 durch Schmelzen verbunden sein. Das Stützelement 50 ist mit der oberen ebenen Oberfläche eines Wandlerstützelements 56 verbunden.

Beim Arbeiten mit dem Kraftwandler 10 wird eine zu messende Kraft im wesentlichen parallel zur Bezugsachse 216 über die Waagschale 212, den Stützpfosten 214, das Gestänge 160, die Armaturn 226 und die starren Kopplungselemente 227, 229 auf das Eingangselement 52 ausgeübt. Diese Kraft wird auf den in Fig. 3 rechten Teil des Elements 14 übertragen. Aufgrund der auf das Element 52 ausgeübten Kraft wird auf den in Fig. 3 linken Teil des Elements 12 an der oberen Oberfläche 220a des Stützelements 220 eine gleiche entgegengesetzte Kraft ausgeübt. In Abhängigkeit von dem auf den Kraftwandler 10 ausgeübten Kräftepaar verformen sich das obere und das untere Trägerelement derart, dass die leitfähigen Elemente 34 und 36 um eine Strecke auseinanderbewegt werden, die mit der Grösse des auf den Kraftwandler ausgeübten Kräftepaars verknüpft ist, wobei die leitfähigen Elemente ihre parallele gegenseitige Lage beibehalten. Die Grösse der Kapazität des effektiven Kondensators, der durch die Elemente 34 und 36 gebildet wird, kann in herkömmlicher Weise gemessen werden und liefert ein Mass für die Kraft, die auf das Eingangselement 52 ausgeübt wird.

Da der Kraftwandler 10 gegenüber Momenten und Kräften in anderen Richtungen als längs einer zur Bezugsachse 216 parallelen Achse sehr widerstandsfähig ist, muss die ausgeübte Kraft vorher nicht genau parallel zur Bezugsachse 216 sein.

Da sich das obere und das untere Trägerelement verformen, ergibt sich in diesen Elementen eine Spannung. Beim gezeigten Ausführungsbeispiel liegt der Übergang, der durch die Verbindungselemente 42 und 44 gebildet wird, an Biegekräft-Umkehrpunkten, d.h. dort, wo die Biegemomente

Null sind, und zwar wegen der Symmetrie des Systems, bei dem Schlitztiefen A und B gleich und die Blöcke 12 und 14 im wesentlichen ähnlich sind. Bei anderen Ausführungsformen der Erfindung, beispielsweise dort, wo sich die Schlitztiefen A und B unterscheiden, und insbesondere dort, wo eine der Schlitztiefen A oder B Null sein kann, tritt die Verbindung der Elemente nicht an diesen Momenten-Nullpunkten auf. Die bevorzugte Ausführungsform hat jedoch diese Charakteristik. Unter dieser Bedingung wird die Verbindung, die durch die Verbindungselemente 42 und 44 gebildet wird, schwach belastet, und es kann folglich eine verhältnismässig geringwertige und damit billige Verbindung verwendet werden.

Wo die Erfindung aus Quarz aufgebaut ist, ist der Kraftwandler 10 beispielsweise durch eine sehr geringe Hysterese und ein sehr geringes Kriechen unter einer Belastung mit einem Präzisions-Index in der Grössenordnung von 10^{-5} bis 10^{-6} gekennzeichnet. Darüber hinaus ist die Anordnung durch eine relativ geringe, durch Wärme hervorgerufene Änderung der Kapazität gekennzeichnet.

Der Kraftwandler 10 spricht im allgemeinen nur auf die resultierende Kraft längs einer einzigen, zur Bezugsachse 216 parallelen Achse an und hält ein relativ hohes Rückweichtungsverhältnis für Kräfte in anderen Ebenen aufrecht. Die Elemente 12 und 14 des vorliegenden Ausführungsbeispiels können ohne weiteres aus einem rechteckigen länglichen Quarzblock aufgebaut sein, der so geschnitten ist, dass die komplementären Flächen gebildet werden. Die beiden Blöcke mit diesen komplementären Flächen haben lediglich ein Paar von Schlitzten, die eingeschnitten sind, um die oberen und unteren Trägereile zu bilden. Diese Trägereile sind beispielsweise durch Verschmelzen verbunden, um eine robuste, monolithische Struktur zu bilden. Bei anderen Ausführungsformen der Erfindung können andere Materialien einschliesslich Metalle für die Elemente 12 und 14 verwendet werden, vorausgesetzt, dass mindestens eines der Elemente 34 und 36 gegenüber den jeweils anderen isoliert ist.

Bei diesem Aufbau des Kraftwandlers 10 ist die Kapazität an den Leitungen 10a (die mit den leitfähigen Elementen 34 und 36 verbunden sind) repräsentativ für den Abstand zwischen diesen Elementen 34 und 36, weil sich dieser Abstand wiederum in Abhängigkeit von der auf den Kraftwandler ausgeübten Kraft ändert.

Der Positionssensor 244 im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist in Fig. 4 gezeigt. Der Positionssensor 244 ist mit den Leitungen 10a vom Kraftwandler 10 gekoppelt. Die Kapazität, die mit diesen Anschlüssen verbunden ist, tritt in Wechselwirkung mit dem Kreis des Positionssensors 244 und bildet einen Oszillator. Der Oszillator liefert ein Signal an der Leitung 244a, das durch eine Frequenz gekennzeichnet ist, die mit der Kapazität zwischen den Leitungen 10a und mit der Induktivität einer Drosselspule 90 verknüpft ist und damit mit der auf die Waagschale 212 ausgeübten Kraft.

Bei der bevorzugten Ausführungsform ist die Drosselspule 90 ein ausserordentlich präzises, stabiles, induktives Schaltungselement.

Fig. 5 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform für die Drosselspule 90 der Schaltung gemäss Fig. 4. Die Drosselspule 90 besteht aus einem starren, zylindrischen dielektrischen Trägerelement 91. Das Trägerelement 91 ist eine geschmolzene Quarzstange mit kreisförmigem Querschnitt und einem Durchmesser von 15,88 mm. Eine Wicklung erstreckt sich zwischen zwei Anschlüssen 92 und 93. Die Wicklung umfasst vierzig Windungen auf der Stange 91. Die einzelnen Windungen haben einen gleichmässigen Abstand von jeweils 0,3 mm voneinander.

Die Wicklung besteht aus einem zusammengesetzten Draht 94. Der Draht 94 ist beim Ausführungsbeispiel ein

«Copperply»-Draht mit einem Durchmesser von 0,18 mm, wie er von der Firma National Standard Corporation, Niles, Michigan, hergestellt wird. Dieser zusammengesetzte Draht hat einen gehärteten Stahlkern und auf diesem Kern einen Kupfermantel, wobei das Kupfer etwa 40% des Gewichts des Drahts ausmacht. Die Zugfestigkeit des Drahts liegt in der Größenordnung von 137,5 N/m².

Bei der Herstellung des Elements 94 wird die Querstange 91 an einer Drehbank montiert und gedreht, wobei der Draht 94 unter einer Spannung in der Größenordnung von 85% seiner Zugfestigkeit gehalten wird. Die Windungen werden dann unter Spannung gehalten, indem man die Endungen der Windungen an die Stange 91 klebt. Die dargestellten Elemente 96 und 97 stellen den Klebstoff an den Enden der Wicklung dar. Beispielsweise kann der verwendete Klebstoff ein Cyanacrylat-Kleber sein. Weiterhin können Epoxidharz-Kleber verwendet werden.

Bei dieser Ausbildung an den Anschlüssen 92 und 93 liefert das Element 90 eine charakteristische Induktivität in der Größenordnung von 10 µH bei einer Temperaturänderung von 3,6 ppm/°C. Bei anderen Ausführungsbeispielen können andere zusammengesetzte Drahtformen verwendet werden. Beispielsweise kann die Ummantelung aus Silber oder Gold auf einem Stahlkern oder einem anderen Kernmaterial mit hoher Zugfestigkeit bestehen. Ausserdem kann das Trägerelement 91 aus irgendeinem anderen Material als Quarz bestehen, z.B. aus Keramik oder Titansilikat. In ähnlicher Weise kann mit anderen Geometrien des Trägerelements gearbeitet werden, beispielsweise mit Stäben, die anstelle eines kreisförmigen Querschnitts einen elliptischen Querschnitt haben. Das Stützelement kann massiv oder hohl sein.

Bei dieser Ausbildung bilden der Kraftwandler 10 und der Positionssensor 244 einen Oszillator, der durch eine hohe Temperaturstabilität gekennzeichnet ist und an der Leitung 244a ein Ausgangssignal liefert, das seine Frequenz in Abhängigkeit von der Kraft ändert, die auf den Kraftwandler 10 ausgeübt wird.

Fig. 6 zeigt den Prozessor 250 des Systems 210 in Form eines Blockdiagramms. Der Prozessor 250 umfasst einen ersten (oder Gewichts-)Oszillator, der ein Signal auf eine Leitung 244a liefert, das eine Frequenz hat, die repräsentativ für die erfasste Kraft ist, die von einem Gewicht auf die Waagschale 212 ausgeübt wird. Der Gewichtsozillator umfasst den Kraftwandler 10 und den Positionssensor 244, wie in der einbezogenen Anmeldung beschrieben. Das Signal auf der Leitung 244a wird einem Zähler 260 zugeführt, der digitale Zählsignale Fw auf der Leitung 260a liefert (Fw), die repräsentativ für die Frequenz des Signals auf der Leitung 244a sind.

Ein Temperatursensor 264 liefert ein oszillierendes Signal auf der Leitung 264a, indem die Frequenz des Signals auf dieser Leitung repräsentativ für die Temperatur des Systems 210 ist. Das Signal auf der Leitung 264a wird einem Zähler 266 zugeführt, der digitale Zählsignale (Fr) auf der Leitung 266a liefert, die repräsentativ für die Frequenz des Signals auf der Leitung 264a sind. Die Leitungen 260a und 266a sind an einen Mikroprozessor 270 angeschlossen.

Der Mikroprozessor 270 umfasst einen zugehörigen Schreib/Lese-Speicher (Speicher mit wahlfreiem Zugriff = RAM) 272 und einen Lesespeicher (ROM) 274 sowie ein Eingabe/Ausgabe-Tastenfeld 276. Der Mikroprozessor 270 liefert ferner ein Ausgangssignal auf der Leitung 250a, das geeignet ist, eine herkömmliche Anzeige anzusteuern. Ein Zeitgebernetzwerk 280 liefert die Zeitsteuersignale für die Blöcke im Prozessor 150. Der Mikroprozessor 270 und der zugehörige Speicher können auch das Ausgangssignal verarbeiten unter Verwendung bekannter digitaler Signalverarbeitungstechniken, um die Hochfrequenzkomponenten des Signals

zu schwächen. Diese Signalverarbeitungsfähigkeit ist besonders dort von Nutzen, wo die Kopplung zwischen der Waagschale und der Armatur im wesentlichen starr ist, so dass keine mechanische Filterung der Hochfrequenzschwingungen vorliegt.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung kann der Mikroprozessor ein Mostek-Typ 38P70/02 sein. Der ROM 274 ist ein Hitachi-Typ HM462532, während ein RAM 272 ein NCR-Typ 2055 ist.

In Betrieb sind die Signale auf der Leitung 244a und 264a durch Frequenzen gekennzeichnet, die repräsentativ für das Gewicht eines Gegenstands auf eine Waagschale bzw. die Temperatur des Systems 210 sind. Die Zähler 260 und 266 werden durch das Zeitgebernetzwerk 280 gesteuert, damit sie als Fensterzähler arbeiten, die digitale Zählerstände liefern, die repräsentativ für die Frequenzen der Signale auf den Leitungen 244a und 264a (Fw und Fr) sind.

Der Speicher 272 speichert Konstanten K_{ij}, die repräsentativ für eine temperaturkompensierte Kraftfunktion W(F,T) sind.

Die Funktion W (F,T) ist definiert als

$$W(F,T) = \sum_{i=1}^m a_i(T) F_i^{-1}, \quad (*)$$

wobei F eine Funktion der von einem Gegenstand erzeugten nicht kompensierten Kraft ist, während T repräsentativ für die Temperatur des Wiegesystems 210 ist. In dieser Definition gilt

$$a_i(T) = \sum_{j=1}^n K_{ij} T_j^{-1} \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (**)$$

wobei K_{ij} Konstanten sind. Bei der vorliegenden Ausführungsform sind m=4 und n=3. Die Werte Fw und Fr können in Verbindung mit einem Signal verwendet werden, das der Funktion W(F,T) entspricht, berechnet bei einer Fw entsprechenden Eingangskraft F und bei einer Fr entsprechenden Temperatur T zur Bildung eines temperaturkompensierten Werts, der für das Gewicht eines Gegenstands auf der Waagschale 212 repräsentativ ist.

Die vorliegende Ausführungsform kann auch bei einem Eichverfahren verwendet werden, zur Erzeugung und Speicherung von Daten im Speicher 272, die für die Kraftfunktion (*) repräsentativ sind. Zur Durchführung dieses Eichverfahrens mit der vorliegenden Ausführungsform wird eine Folge von vier bekannten Gewichten bei jeweils drei Temperaturen auf die Waagschale 212 gelegt. Bei anderen Ausführungsformen können unterschiedliche Gewichtszahlen und Temperaturen verwendet werden.

Der Prozessor 250 erzeugt dann einen Satz von zwölf gleichzeitigen Gleichungen auf der Basis von W(F,T). Der Prozessor 250 löst diese Gleichungen und liefert Signale, die repräsentativ sind für a₁ (berechnet bei Temperaturen T₁, T₂ und T₃), a₂ (berechnet bei Temperaturen T₁, T₂ und T₃), a₃ (berechnet bei T₁, T₂ und T₃) und a₄ (berechnet bei T₁, T₂ und T₃).

Der Prozessor 250 verwendet dann diese zwölf resultierenden Werte für a_i zur Lösung eines Satzes von zwölf gleichzeitigen Gleichungen auf der Basis von Gleichungen (**) für zwölf K_{ij}-Werte. Zur Bestimmung von K_{ij} (i = 1, ..., 4; j = 1, 1, 1, 3) werden im allgemeinen verwendet: die drei Werte für a₁ bei den Temperaturen T₁, T₂ und T₃, die Werte von a₂ bei den drei Temperaturen, die Werte für a₃ bei den drei Temperaturen und die Werte von a₄ bei den drei Temperaturen.

Im Anschluss an die Bestimmung dieser Werte für K_{ij} ist die Funktion W(F,T) voll spezifiziert. Die für diese Werte repräsentativen Daten sind im RAM 272 gespeichert.

FIG. 1

FIG. 2

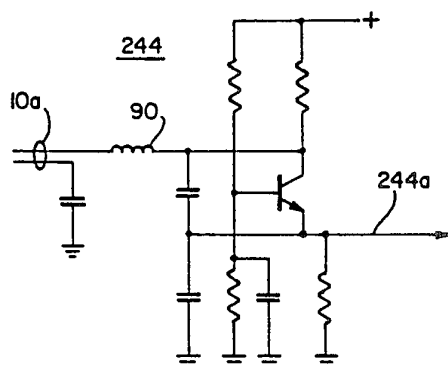


FIG. 4

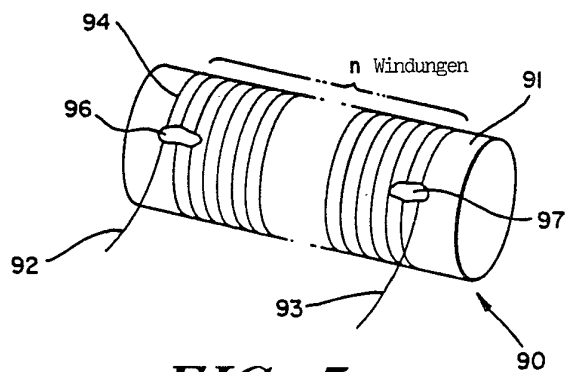


FIG. 5



