

①9



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

①1 CH 666 963 A5

⑤1 Int. Cl. 4: G 01 G 7/04
G 01 G 23/48

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

①2 PATENTSCHRIFT A5

②1 Gesuchsnummer: 1131/85

②2 Anmeldungsdatum: 13.03.1985

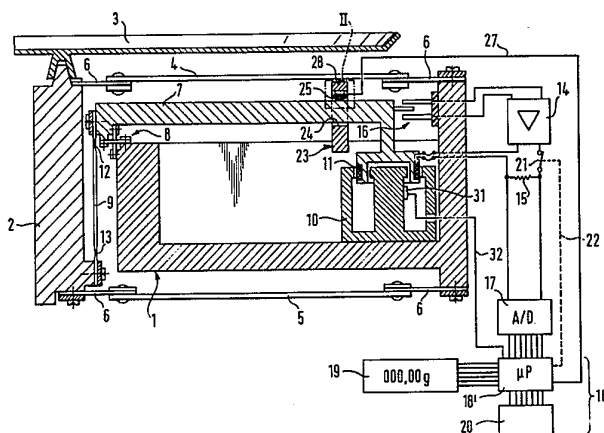
③0 Priorität(en): 19.03.1984 DE 3409998

②4 Patent erteilt: 31.08.1988

④5 Patentschrift
veröffentlicht: 31.08.1988⑦3 Inhaber:
Sartorius GmbH, Göttingen (DE)⑦2 Erfinder:
Knothe, Erich, Bovenden 1 (DE)
Melcher, Franz-Josef, Hardeggen 3 (DE)
Berg, Christoph, Dr., Adelebsen (DE)⑦4 Vertreter:
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,
Patentanwälte, Basel

⑤4 Elektrische Waage.

⑤7 Die nach dem Prinzip der elektromagnetischen Kraftkompensation arbeitende Waage ist mit Schaltmitteln (21) versehen, die dazu bestimmt sind, den Stromfluss durch eine Spule (11) im Luftspalt eines Permanentmagneten (10) zu unterbrechen, um die Verlustleistung in der Spule (11) herabzusetzen. Die Schaltmittel (21) werden von einer digitalen Signalverarbeitungseinheit (18) gesteuert, welche Speichermittel (20) enthält, die während der Dauer der Unterbrechung des Stromflusses durch die Spule (11) den zuletzt ermittelten Gewichtswert speichern.



PATENPANSPRÜCHE

1. Waage nach dem Prinzip der elektromagnetischen Kraftkompensation mit einer Waagschale, mit einem Waagschalenträger, der in senkrechter Richtung durch zwei Lenker einer Parallelführung mit einem gehäusefesten Stützteil beweglich verbunden ist, mit Anschlägen, die die Bewegung des Waagschalenträgers in senkrechter Richtung begrenzen, mit einem Permanentmagneten, mit einer stromdurchflossenen Spule, die sich im Luftspalt des Permanentmagneten befindet und zur Erzeugung einer gewichtsproportionalen Gegenkraft dient, mit einem Regelkreis, der den Strom durch die Spule regelt, und mit einer digitalen Signalverarbeitungseinheit, dadurch gekennzeichnet, dass Schaltmittel (21) vorhanden sind, die den Stromfluss durch die Spule (11) unterbrechen können, so dass sich bei unterbrochenem Stromfluss die beweglichen Teile (2 bis 9) der Waage gegen einen der Anschläge (24; 25) legen, dass die Schaltmittel (21) von der digitalen Signalverarbeitungseinheit (18) gesteuert werden und dass im Rahmen der digitalen Signalverarbeitungseinheit (18) Speichermittel (20) vorhanden sind, die während der Dauer der Unterbrechung des Stromflusses durch die Spule (11) den zuletzt ermittelten Gewichtswert speichern.

2. Waage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Tastverhältnis — also die Zeitdauer des Stromflusses durch die Spule im Verhältnis zur Zeitdauer, in der der Stromfluss durch die Spule unterbrochen ist — kleiner als eins ist.

3. Waage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Tastverhältnis etwa 0,1 ist.

4. Waage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Tastverhältnis von der digitalen Signalverarbeitungseinheit (18) lastabhängig gesteuert wird.

5. Waage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Temperaturfühler (31) in thermischem Kontakt zur Spule (11) oder zum Permanentmagneten (10) vorhanden ist, und dass das Tastverhältnis von der digitalen Signalverarbeitungseinheit dieses Temperaturfühlers (31) gesteuert wird.

6. Waage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer des Stromflusses etwa 1 Sekunde beträgt.

7. Waage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die digitale Signalverarbeitungseinheit (18) den Stromfluss durch die Spule (11) unterbricht, sobald sie anhand der Messergebnisse den Stillstand der Waage festgestellt hat.

8. Waage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Massenverteilung der beweglichen Teile (2 bis 9) der Waage so gewählt ist, dass bei unterbrochenem Stromfluss durch die Spule (11) sich die beweglichen Teile (2 bis 9) unabhängig von der auf der Waagschale (3) liegenden Last immer an denselben Anschlag (25) anlegen.

9. Waage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Anschlag (25) sich über ein kraftempfindliches Element (26) — beispielsweise ein Piezoelement — am Gehäuse (1) abstützt.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung bezieht sich auf eine Waage nach dem Prinzip der elektromagnetischen Kraftkompensation mit einer Waagschale, mit einem Waagschalenträger, der in senkrechter Richtung durch zwei Lenker einer Parallelführung mit einem gehäusefesten Stützteil beweglich verbunden ist, mit Anschlägen, die die Bewegung des Waagschalenträgers in senkrechter Richtung begrenzen, mit einem Permanentmagneten, mit einer stromdurchflossenen Spule, die sich im Luftspalt des Permanentmagneten befindet und zur Erzeugung einer gewichtsproportionalen Gegenkraft dient, mit einem Regelkreis, der den

Strom durch die Spule regelt, und mit einer digitalen Signalverarbeitungseinheit.

Waagen dieser Art sind allgemein bekannt. Dabei gibt es sowohl Ausführungsformen, bei denen der Regelkreis einen lastabhängigen Gleichstrom durch die Spule fließen lässt, wie es beispielsweise in dem DE-GM 82 30 865.9 beschrieben ist, als auch Ausführungsformen, bei denen der Regelkreis hochfrequente Stromimpulse mit lastabhängiger Breite oder mit lastabhängiger Folgefrequenz durch die Spule schickt, wie es beispielsweise in der DE-PS 11 94 167 beschrieben ist.

Nachteilig an diesen bekannten Ausführungsformen ist, dass der Stromfluss durch die Spule zu einer Erwärmung des Messsystems führt, was sich besonders bei höheren Lasten stark bemerkbar macht. Diese Erwärmung begrenzt bei vorgegebener Grösse des Permanentmagneten die elektromagnetisch erzeugbare Gegenkraft.

Weiter ist es aus der DE-OS 20 38 214 bekannt, durch kurzes Schwächen des Kompensationsstromes eine hängende Waagschale auf eine Schalenbremse abzusetzen, um ein Pendeln der Waagschale zu beenden. Diese zur Schwingungsdämpfung eingeführte Massnahme ergibt keine nennenswerte Reduzierung der elektrischen Verlustleistung; ausserdem wird während des Schalenbremsvorganges ein falsches Gewicht angezeigt.

Aufgabe der Erfindung ist es nun, die elektrische Verlustleistung des kraftkompensierenden Systems bei gleicher Tragkraft herabzusetzen bzw. die Tragkraft bei gleicher elektrischer Verlustleistung zu erhöhen.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass bei einer Waage der oben angegebenen Gattung Schaltmittel vorhanden sind, die den Stromfluss durch die Spule unterbrechen können, so dass sich bei unterbrochenem Stromfluss die beweglichen Teile der Waage gegen einen der Anschläge legen, dass die Schaltmittel von der digitalen Signalverarbeitungseinheit gesteuert werden und dass im Rahmen der digitalen Signalverarbeitungseinheit Speichermittel vorhanden sind, die während der Dauer der Unterbrechung des Stromflusses durch die Spule den zuletzt ermittelten Gewichtswert speichern.

Gegenüber den üblichen Waagen, bei denen der Regelkreis der elektromagnetischen Kraftkompensation dauernd für kraftgleichgewicht sorgt — in der Ausführungsform mit Stromimpulsen durch die Spule in der zeitlichen Mittelwertbildung durch die träge Masse der beweglichen Teile der Waage — wird gemäss der Erfindung die elektromagnetische Kraftkompensation nur kurzzeitig — beispielsweise für eine Sekunde — betrieben und dann für einige Zeit ausser Betrieb gesetzt. Dabei ist die Zeitdauer der Unterbrechung wesentlich länger als die Reaktionszeit der Waage, so dass sich die beweglichen Teile entsprechend ihrer Massenverteilung auf einen der Anschläge legen.

Zweckmässigerweise wird dabei das Tastverhältnis — also die Zeitdauer, in der die elektromagnetische Kraftkompensation betrieben wird, im Verhältnis zur Zeitdauer, in der die elektromagnetische Kraftkompensation unterbrochen ist — kleiner als eins gewählt, um die mittlere Verlustleistung mindestens auf die Hälfte zu reduzieren. Vorzugsweise wird in einer Ausgestaltung das Tastverhältnis etwa zu 0,1 gewählt, wodurch die mittlere Verlustleistung auf etwa 10% zurückgeht.

In einer anderen Ausgestaltung wird das Tastverhältnis von der digitalen Signalverarbeitungseinheit lastabhängig gesteuert: Bei geringer Last auf der Waagschale wird das Tastverhältnis beispielsweise etwas kleiner als eins gewählt und bei grösserer Last nimmt es bis 0,1 ab. Dadurch wird die Lastabhängigkeit der elektrischen Verlustleistung wesentlich vermindert.

In einer dritten Ausgestaltung wird das Tastverhältnis in Abhängigkeit vom Ausgangssignal eines Temperaturfühlers an der Spule oder am Permanentmagneten gesteuert: Bei geringer Übertemperatur am Ort des Temperaturfühlers wird ein Tastverhältnis von etwa eins gewählt, bei grösserer Übertemperatur wird das Tastverhältnis allmählich auf 0,1 zurückgenommen.

Dadurch wird eine Temperaturstabilisation des Messsystems erreicht. Bei seltener Benutzung der Waage oder kleinen Lasten wird ausserdem ein fast kontinuierlicher Betrieb erreicht und erst bei höheren Lasten und längerer Verweilzeit auf der Waagschale wird durch die sich einstellende höhere Übertemperatur das Tastverhältnis verkleinert.

Weiter kann die digitale Signalverarbeitungseinheit vorteilhafterweise die Zeitdauer, während der der Regelkreis betrieben wird, nach einem Stillstandskriterium festlegen. Durch Vergleich von aufeinanderfolgenden Messergebnissen vom Messsystem, die beispielsweise alle 20 oder 100 ms in die digitale Signalverarbeitungseinheit übernommen werden, stellt die digitale Signalverarbeitungseinheit den Stillstand der Waage fest und unterbricht dann den Regelkreis.

Die Massenverteilung der beweglichen Teile der Waage wird vorteilhafterweise so gewählt, dass sich die beweglichen Teile der Waage ohne die elektromagnetische Kraft auf die Spule immer — also unabhängig von der Last auf der Waagschale — an denselben Anschlag legen. Beim Einschalten der Kraftkompensation schwingt dann die Waage immer von derselben Richtung in ihre Einschwinglage ein, was zu einer besseren Reproduzierbarkeit führt.

Weiter ist es vorteilhaft, wenn sich dieser Anschlag über ein kraftempfindliches Element am Gehäuse abstützt. Grössere Laständerungen in der Ruhephase — also bei unterbrochener elektromagnetischer Kraftkompensation — können dadurch erkannt werden und das Einschalten des Regelkreises veranlassen.

Das kraftempfindliche Element kann beispielsweise ein Piezoelement sein. Diese Elemente haben den Vorteil, dass das Signal von konstanten Vorlasten leicht durch Kurzschliessen des Elementes zu Null gemacht werden kann und dann nur Laständerungen zu einem Ausgangssignal führen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand einer schematischen Zeichnung beispielsweise beschrieben.

Dabei zeigt:

Fig. 1 einen Schnitt durch das Messsystem einer elektrischen Waage nach dem Prinzip der elektromagnetischen Kraftkompensation und

Fig. 2 einen Anschlag aus dem Messsystem von Fig. 1 in vergrösserter Darstellung.

Die elektrische Waage in Fig. 1 besteht aus einem gehäusefesten Stützteil 1, an dem über zwei Lenker 4 und 5 mit den Gelenkstellen 6 ein Waagschalenträger 2 in senkrechter Richtung beweglich befestigt ist. Der Waagschalenträger 2 trägt in seinem oberen Teil die Lastschale 3 zur Aufnahme des Wägegutes und überträgt die der Masse des Wägegutes entsprechende Kraft über ein Koppellement 9 mit den Dünnstellen 12 und 13 auf den kürzeren Hebelarm des Übersetzungshebels 7. Der Übersetzungshebel 7 ist durch ein Kreuzfedergelenk 8 am Stützteil 1 gelagert. Am längeren Hebelarm des Übersetzungshebels 7 greift die Kompensationskraft an, die durch eine stromdurchflossene Spule 11 im Luftspalt eines Permanentmagneten 10 erzeugt wird. Die Grösse des Kompensationstromes wird bei geschlossenem Schalter 21 in bekannter Weise durch den Lagensensor 16 und den Regelverstärker 14 so geregelt, dass Gleichgewicht zwischen dem Gewicht des Wägegutes und der elektromagnetischen Kompensationskraft herrscht. Der Kompensationsstrom erzeugt am Messwiderstand 15 eine Messspannung, die dem hochohmigen Eingang eines Analog/Digital-Wandlers 17 zugeführt wird. Das digitalisierte Ergebnis wird von einer digitalen Signalverarbeitungseinheit 18 übernommen und in der Anzeigeneinheit 19 angezeigt. Weiter sind Anschläge 24 und 25 zu erkennen, die mittels der Quertraverse 23 am gehäusefesten Stützteil 1 befestigt sind und den Weg des Übersetzungshebels 7 und damit auch den Weg des Waagschalenträgers 2 nach oben und unten begrenzen.

Der Mikroprozessor 18' der digitalen Signalverarbeitungseinheit 18 steuert nun über eine Leitung 22 den Schalter 21.

Dabei wird vor dem Öffnen des Schalters 21 zunächst der gerade angezeigte letzte Messwert in einen Speicher 20 übernommen, so dass dieser Wert während der Zeit, in der der Schalter 21 geöffnet ist, unverändert in der Anzeige 19 angezeigt werden kann. Beim Öffnen des Schalters 21 wird der Strom durch die Spule 11 unterbrochen und die Spule erzeugt keine Kompensationskraft mehr. Die Massenverhältnisse der beweglichen Teile 2 bis 9 und das Übersetzungsverhältnis des Übersetzungshebels 7 sind nun so gewählt, dass sich dann der Übersetzungshebel 7 bereits ohne Last auf der Waagschale 3 an den oberen Anschlag 25 anlegt. Mit Last auf der Waagschale 3 legt er sich dann erst recht an diesen Anschlag 25 an.

Nach Ablauf der vom Mikroprozessor 18' vorgegebenen Zeit für die offene Stellung des Schalters 21 wird dieser wieder geschlossen und setzt dadurch den Regelkreis wieder in Funktion. Die beweglichen Teile 2 bis 9 der Waage schwingen wieder in ihre durch den Lagensensor 16 vorgegebene Einschwinglage ein und der Analog/Digital-Wandler 17 liefert laufend Messwerte an die digitale Signalverarbeitungseinheit 18. Diese prüft nun aufeinanderfolgende Messwerte auf Gleichheit und sobald dies der Fall ist (Stillstand der Waage), wird dieser Messwert an die Anzeige 19 weitergegeben und wird statt des bisher angezeigten Wertes aus dem Speicher 20 angezeigt. Jetzt kann ein neuer Unterbrechungszyklus, wie im vorgehenden beschrieben, beginnen. Die Zeitdauer, während der der Schalter 21 geschlossen bleibt, ist im Mikroprozessor 18' entweder fest vorgegeben — beispielsweise mit einer Sekunde — wobei diese fest vorgegebene Zeitdauer natürlich ausreichen muss, um den Stillstand der Waage zu erreichen. Vorteilhafterweise übernimmt der Mikroprozessor 18' jedoch sofort nach Stillstand der Waage den Messwert auch in den Speicher 20 und öffnet den Schalter 21 wieder. In dieser Ausführungsart erreicht man die kürzest mögliche Einschaltdauer für den Kompensationsstrom durch die Spule 11 und damit die geringste mittlere Verlustleistung.

Die Zeitdauer, während der der Schalter 21 jeweils geöffnet bleibt, kann entweder durch das Programm im Mikroprozessor 18' fest vorgegeben sein, oder diese Zeitdauer wird vom Mikroprozessor 18' als festes Vielfaches der Einschaltdauer des Schalters 21 vorgegeben (festes Tastverhältnis). Bevorzugt werden jedoch zwei Ausführungsformen, bei denen entweder die Öffnungszeit des Schalters 21 (und damit das Tastverhältnis) vom Mikroprozessor 18' lastabhängig gesteuert wird, indem bei kleinen Lasten schon nach kürzerer Zeit der Schalter 21 wieder geschlossen wird, während er bei grossen Lasten länger offen bleibt; oder der Mikroprozessor 18' steuert die Öffnungszeit des Schalters 21 in Abhängigkeit vom Ausgangssignal eines Temperaturfühlers 31: Bei geringer Übertemperatur wird der Schalter 21 schon nach kürzerer Zeit wieder geschlossen, während er bei grosser Übertemperatur länger offen bleibt. Dazu ist in Fig. 1 ein Temperaturfühler 31 gut wärmeleitend am Permanentmagneten 10 befestigt, der die Temperatur des Permanentmagneten 10 dem Mikroprozessor 18' über die Leitung 32 meldet.

Beide bevorzugte Ausführungsformen führen neben der Verringerung der mittleren Verlustleistung dazu, dass die Änderung der Verlustleistung in Abhängigkeit von der Last auf der Waagschale 3 ohne zusätzliche Massnahmen geringer ist als bei Waagen nach dem Stand der Technik. In beiden bevorzugten Ausführungsformen ist es auch möglich, dass der Mikroprozessor 18' der digitalen Signalverarbeitungseinheit 18 bis zu einer bestimmten Last bzw. bis zu einer bestimmten Übertemperatur am Temperaturfühler 31 den Schalter dauernd geschlossen lässt und erst bei Überschreiten der Grenzen die intermittierende Betriebsweise einsetzt.

In einer weiterführenden Ausgestaltung berücksichtigt der Mikroprozessor 18' bei der Festlegung der Öffnungszeit des Schalters 21 ausserdem, ob die in aufeinanderfolgenden Öffnungszeiten des Schalters 21 im Speicherbereich 20 abgespei-

cherten Werte gleich waren bzw. sich nur geringfügig unterschieden oder ob sie sich stark unterschieden; im ersten Fall wird die nächste Öffnungszeit des Schalters 21 etwas länger gewählt, im zweiten Fall etwas kürzer.

Selbstverständlich können auch andere Bauelemente oder Anordnungen als in Fig. 1 gewählt werden. Beispielsweise kann der Schalter 21 statt durch ein mechanisches Relais durch einen FET-Schalter oder einen Schalttransistor realisiert sein. Ebenfalls kann der Schalter 21 an anderer Stelle innerhalb des Regelkreises angeordnet sein, beispielsweise innerhalb des Regelverstärkers 14 oder bei der Stromzuführung zum Regelverstärker 14. Hauptsache ist, dass dadurch der Strom durch die Spule 11 unterbrochen werden kann. Ebenso kann der Temperaturfühler 31 an einer anderen Stelle des Permanentmagneten 10 oder auch an der Spule 11 befestigt sein, ohne dass seine Funktionsweise sich dadurch ändert.

Ein bevorzugter Aufbau des Anschlages 25 ist in Fig. 2 nochmal vergrößert dargestellt. Wie bereits erläutert, legt sich der Übersetzungshebel 7 bei unterbrochenem Stromfluss durch die Spule 11 gegen den oberen Anschlag 25. Dieser Anschlag 25 stützt sich gemäss Fig. 2 über eine Scheibe 26 aus einem piezoelektrischen Material am oberen gehäusefesten Teil 28 ab. Die piezoelektrische Scheibe 26 ist auf der Oberseite und auf der Unterseite mit je einer Metallelektrode 29 und 30 versehen, wobei die eine Metallelektrode 30 leitend mit dem Gehäuse 1 verbunden ist, während die andere Metallelektrode 27 durch eine Isolierschicht 33 isoliert ist und mittels der Leitung 27 mit dem Mikroprozessor 18' der digitalen Verarbeitungseinheit 18 verbunden ist. Die piezoelektrische Scheibe 26 erzeugt in bekannter Weise bei Belastung eine Ladung auf ihren Elektroden. Zusammen mit dem Öffnen des Schalters 21 erdet nun der Mikroprozessor 18' die Leitung 27, so dass die Ladungsmenge, die beim

Abstützen des Übersetzungshebels 7 am Anschlag 25 entsteht, kurzgeschlossen wird. Nach dem Abklingen des Prellvorganges des Übersetzungshebels 7 am Anschlag 25 hebt der Mikroprozessor 18' diesen Kurzschluss auf und überwacht statt dessen die Leitung 27 auf ein Spannungssignal. Ein Spannungssignal tritt nämlich nur dann auf, wenn durch Vergrössern oder Verkleinern der Last zusätzliche Ladungen durch die piezoelektrische Scheibe 26 auf den Elektroden 29 und 30 erzeugt werden. In dieser bevorzugten Ausführungsform wird in diesem Fall sofort der Schalter 21 geschlossen und damit eine neue Messung und Übernahme des neuen Messwertes in die Anzeige 19 ausgelöst. Selbstverständlich reagiert die piezoelektrische Scheibe 26 nicht so empfindlich wie die Waage selbst, so dass auf diese Weise eigentlich nur grosse Laständerungen erkannt werden sollten. Die Erfahrung hat aber gezeigt, dass durch den Stoss beim Auflegen normalerweise auch kleinere Laständerungen erkannt werden.

Die Erfindung wurde im vorstehenden am Beispiel einer Waage mit Parallelführung und Übersetzungshebel beschrieben. Selbstverständlich ist sie auch für Waagen ohne Übersetzungshebel, bei denen die Kompensationskraft direkt am Waagschalenträger 2 angreift, einsetzbar; die Anschläge zur Wegbegrenzung müssen in diesem Fall direkt mit dem Waagschalenträger 2 zusammenwirken. Selbstverständlich können auch bei der gezeichneten Waage mit Übersetzungshebel 7 die Anschläge zur Wegbegrenzung statt mit dem Übersetzungshebel 7 mit dem Waagschalenträger 2 zusammenwirken. Weiter kann die Erfindung selbstverständlich auch für eine Brückenwaage eingesetzt werden.

Der Speicher 20 ist in Fig. 1 der Deutlichkeit halber als getrennte Baueinheit gezeichnet; selbstverständlich kann dieser Speicher auch durch einen Teil des RAM des Mikroprozessors 18' gebildet werden.

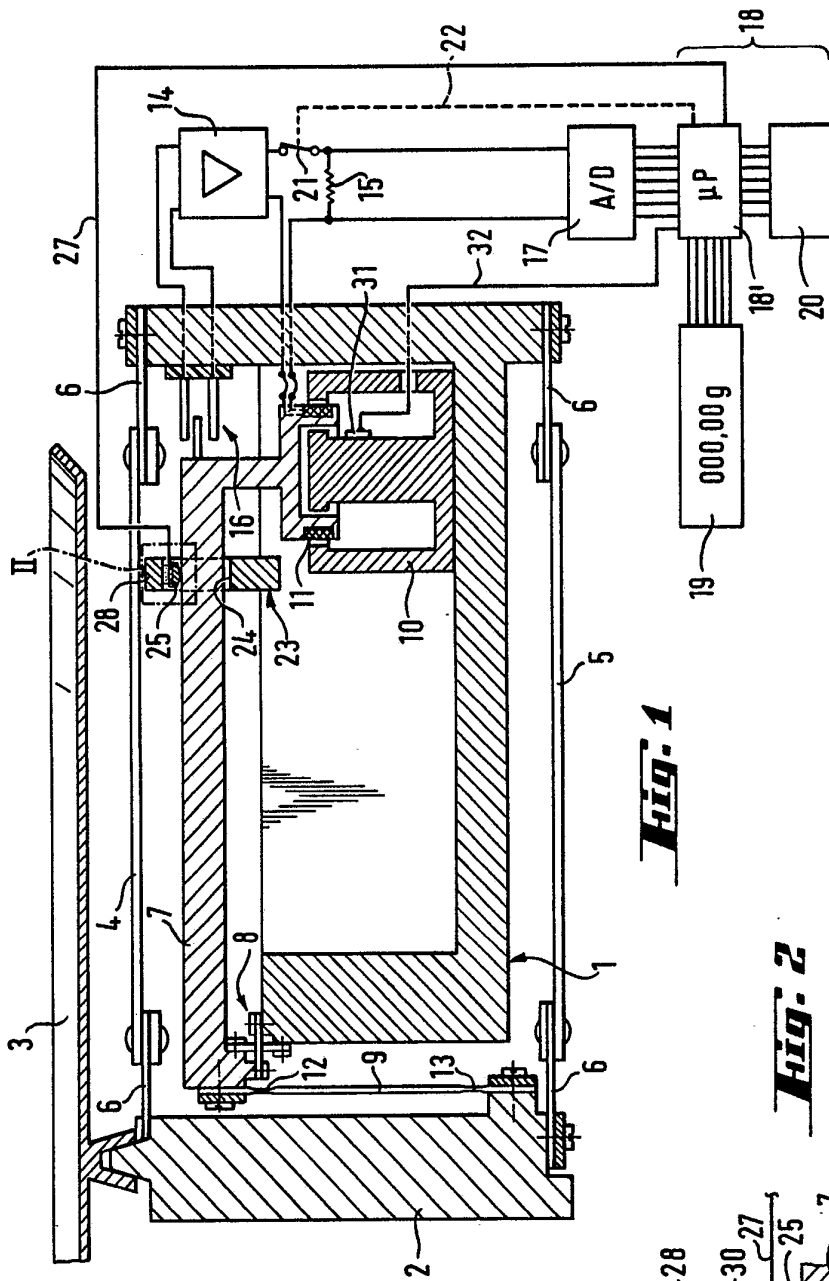


Fig. 1

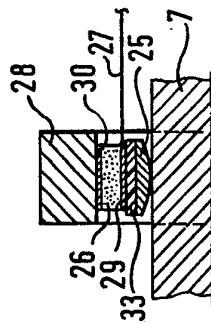


Fig. 2