



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 035 348.2**
(22) Anmeldetag: **27.07.2007**
(43) Offenlegungstag: **05.02.2009**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **02.12.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G01N 3/303** (2006.01)
E02D 1/00 (2006.01)
G01N 3/06 (2006.01)
G01N 33/24 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Zorn, Bernd, 39590 Hämerten, DE

(74) Vertreter:
**Sperling, Fischer & Heyner Patentanwälte, 01277
Dresden**

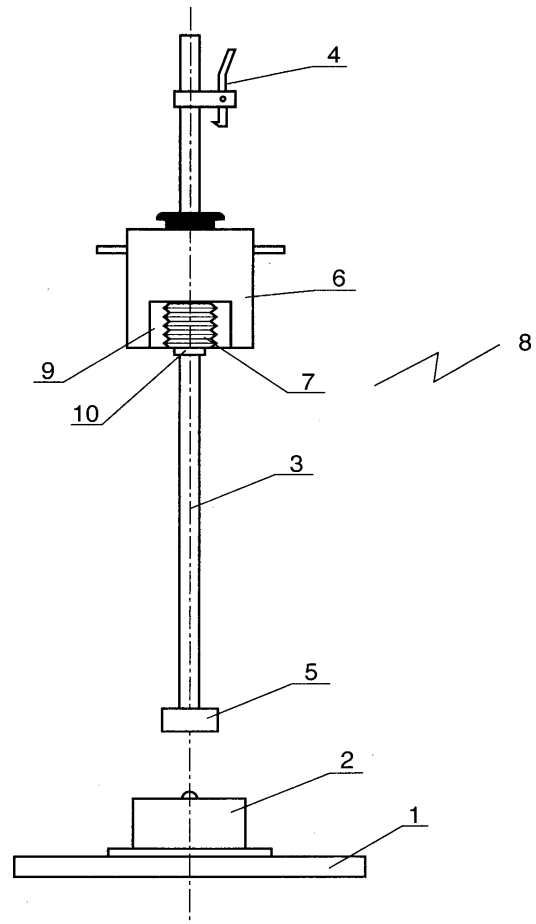
(72) Erfinder:
**Zorn, Bernd, 39590 Hämerten, DE; Pivka, Dusan,
Komenda, SI**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 20 2005 018879 U1
DD 2 43 626 A3

(54) Bezeichnung: **Fallgewichtsprüfgerät zur Bestimmung der Verformungskennwerte unter definierten Stoßbelastungen von Böden**

(57) Hauptanspruch: Fallgewichtsprüfgerät zur Bestimmung der Verformungskennwerte unter definierten Stoßbelastungen von Böden, Tragschichten ohne Bindemittel, mineralischen Dichtungsschichten, Verfüllmaterial, Bodenverbesserungen und Recyclingmaterialien, Asphalt bei höheren Temperaturen, Beton in jungem Alter, eine Lastplatte (1) zur Auflage auf das Prüfplanum, eine an die Lastplatte (1) angekoppelte Sensoreinrichtung, eine Belastungsvorrichtung (8), bestehend aus einer Führungsstange (3), einem Fallgewicht (6) und einem Federelement (7), sowie eine Messwertverarbeitungs- und -auswerteinrichtung aufweisend, dadurch gekennzeichnet, dass das Federelement (7) am Fallgewicht (6) angeordnet ist und beim dynamischen Plattendruckversuch eine aus dem Fallgewicht (6) und dem Federelement (7) bestehende Einheit (6, 7) auf die Lastplatte (1) auftrifft, wobei sich das Federelement (7) beim Auftreffen zwischen Fallgewicht (6) und Lastplatte (1) befindet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Fallgewichtsprüfgerät zur Bestimmung der Verformungskennwerte unter definierten Stoßbelastungen, insbesondere des dynamischen Verformungsmoduls E_{vd} , sowie zur Beurteilung der Verdichtung und des Verformungsverhaltens von Böden, Tragschichten ohne Bindemittel, mineralischen Dichtungsschichten, Verfüllmaterial, Bodenverbesserungen, beispielsweise mit Kalk, Recyclingmaterialien, Asphalt bei höheren Temperaturen, Beton in jungem Alter und anderen Materialien.

[0002] Fallgewichtsprüfgeräte für dynamische Plattendruckversuche zur Bestimmung der Verformungskennwerte unter definierten Stoßbelastungen von Böden, insbesondere des dynamischen Verformungsmoduls E_{vd} , sind aus der Praxis bekannt und unter anderem in der technischen Prüfvorschrift TP BF – StB Teil B 8.3 beschrieben. Auch in der DE 21 51 672 B2, der DE 92 10 220 U1, der DE 93 05 327 U1 sowie im Verkaufsprospekt „Leichtes Fallgewichtsgerät ZFG 02“ der Firma Mechanische Werkstätten Stendal Gerhard Zorn sind gattungsgemäße Geräte beschrieben. Entsprechende Geräte weisen eine auf den zu prüfenden Boden – das Prüfplanum – aufzulegende Lastplatte, einen an die Lastplatte angekoppelten Weg-, Geschwindigkeits- oder Beschleunigungssensor, eine Belastungsvorrichtung, zu der eine Führungsstange, ein Federelement und ein Fallgewicht gehören, sowie eine Messwertverarbeitungs- und -auswerteinrichtung auf. Zur Durchführung des dynamischen Plattendruckversuches wird die auf das Prüfplanum aufgelegte Lastplatte mit einem definierten Kraftstoß beaufschlagt, indem das Fallgewicht aus einer vorbestimmten Fallhöhe entlang der Führungsstange auf das am unteren Ende der Führungsstange befindliche, an die Lastplatte angekoppelte Federelement aufschlägt. Die durch diesen definierten Stoß bewirkte Bewegung der Lastplatte wird mittels Weg-, Geschwindigkeits- oder Beschleunigungssensor erfasst und mit der Messwertverarbeitungs- und -auswerteinrichtung ausgewertet. Amplitude und Verlauf der Bewegung der lasttechnischen Prüfvorschrift TP BF – StB Teil B 8.3 entsprechen der infolge des Belastungsstoßes erfolgten Setzung des Prüfplanums und gestatten Rückschlüsse auf den dynamischen Verformungsmodul E_{vd} sowie die Verdichtung des Prüfplanums.

[0003] Zur Erzielung reproduzierbarer und vergleichbarer Messergebnisse sind in der technischen Prüfvorschrift TP BF – StB Teil B 8.3 für leichte Fallgewichtsgeräte sowohl die maximale Stoßkraft mit $F_{max} = 7,07 \text{ kN}$ als auch die Stoßdauer mit $t_{max} = 17 \text{ ms} \pm 1,5 \text{ ms}$ vorgegeben. Realisiert wird dieser Kraftstoß, indem das Fallgewicht mit einer Masse von 10 kg aus einer Höhe von 70 cm im freien Fall auf das aus vorgespannten Tellerfedern bestehende Federelement auftrifft, wobei die Gesamtmasse von Füh-

rungsstange und Federelement mit 5 kg ebenfalls vorgegeben ist. Die Lastplatte weist einen Durchmesser von 30 cm und eine Gesamtmasse von 15 kg auf.

[0004] Üblich ist es, den Weg-, Geschwindigkeits- oder Beschleunigungssensor und eine erste Messwertverarbeitungsstufe in einem mit der Lastplatte fest verbundenen, stabilen Sensorgehäuse unterzubringen.

[0005] Das mittels dem auf der Lastplatte angeordneten Weg-, Geschwindigkeits- oder Beschleunigungssensorensierte Signal der Bewegung der Lastplatte infolge des durch das Aufschlagen des Fallgewichtes auf das mit der Lastplatte verbundene Federelementes bewirkten Kraftstoßes weist bei bekannten Fallgewichtsprüfgeräten nach der technischen Prüfvorschrift TP BF – StB Teil B 8.3 erhebliche sekundäre Belastungsstöße sowie Oberschwingungen auf, die sich im Messsignal niederschlagen (vgl. [Fig. 2](#)). In der Messwertverarbeitungseinrichtung müssen daher Signalfilter vorgesehen werden, um die sekundären Belastungsstöße und die Oberschwingungen vom Messsignal zu trennen. Verfälschungen des Messsignales durch die sekundären Belastungsstöße, die Oberschwingungen und die Signalfilter sind jedoch nicht auszuschließen.

[0006] Die durch das Aufschlagen des Fallgewichtes auf das Federelement hervorgerufenen sekundären Belastungsstöße und Oberschwingungen im Messsignal können erheblich reduziert werden, wenn das Federelement als Gummifeder ausgeführt ist, wie dies beispielsweise beim Fallgewichtsprüfgerät PRIMA 100 der Firma Carl Bro Group, DK-6000 Kolding der Fall ist (Firmenprospekt).

[0007] Gummifedern haften jedoch der Nachteil einer erheblichen Temperaturabhängigkeit ihres Elastizitätsmodul an. Sie sind daher in Deutschland für amtlich anzuerkennende Untersuchungen mit Fallgewichtsprüfgeräten nicht zugelassen.

[0008] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die Aufgabe der Erfindung, ein Fallgewichtsprüfgerät zu schaffen, das die amtlichen Prüfvorschriften erfüllt und Messsignale mit nur geringen sekundären Belastungsstößen und Oberschwingungen realisiert.

[0009] Diese Aufgabe wird mit einem Fallgewichtsprüfgerät dem 1. Anspruch gemäß gelöst. Die abhängigen Ansprüche 2 bis 4 beschreiben vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Fallgewichtsprüfgerätes.

[0010] Die Erfindung sieht vor, das Federelement an der der Lastplatte zugewandten Unterseite des Fallgewichtes anzuordnen, wobei die vertikal nach oben weisende Seite des in vertikaler Richtung federnden

Federelementes fest am Fallgewicht anliegt und Fallgewicht und Federelement bei der Durchführung eines dynamischen Plattendruckversuches gemeinsam aus der vorbestimmten Höhe im freien Fall auf die Lastplatte aufschlagen, und dabei lediglich die vertikal nach unten weisende Seite des Federelementes die Lastplatte berührt und den von der gemeinsamen Masse Federelement und Fallgewicht bewirkten Kraftstoß auf die Lastplatte überträgt.

[0011] Es hat sich überraschenderweise gezeigt, dass ein durch eine vorstehend beschriebene Anordnung von auf die Lastplatte aufschlagender Einheit, bestehend aus dem Fallgewicht und dem Federelement, bewirkter Kraftstoß kaum sekundäre Belastungsstöße erzeugt und erheblich weniger Oberschwingungen im von den auf der Lastplatte angeordneten Weg-, Geschwindigkeits- oder Beschleunigungssensor erzeugten Messsignal verursacht als dies der Fall ist, wenn ein Fallgewicht gleicher Masse aus gleicher Höhe auf ein auf der Lastplatte aufliegendes Federelement aufschlägt, wie dies bei den aus dem Stand der Technik bekannten Fallgewichtsprüfgeräten der Fall ist.

[0012] Die mittels eines erfindungsgemäßen Fallgewichtsprüfgerätes erzeugten Kraftstöße führen aufgrund der weitgehenden Vermeidung von sekundären Belastungsstößen und des erheblich geringeren Oberschwingungsanteiles des durch einen Weg-, Geschwindigkeits- oder Beschleunigungssensor generierten Messsignales zu genaueren Messwerten und einer erheblich größeren Reproduzierbarkeit der Messergebnisse beim dynamischen Plattendruckversuch. Hinzu kommt eine einfachere Messwertverarbeitung.

[0013] Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, in das Fallgewicht eine Kammer einzubringen, in die ein aus Tellerfedern bestehendes Federelement eingebettet wird. Dabei ist natürlich die Bedingung einzuhalten, dass das Federelement lediglich an der in vertikaler Richtung oberen Seite des Federelementes fest an der in vertikaler Richtung nach unten weisenden Seite des Fallgewichtes anliegt. Dies ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil unbedingt sichergestellt werden muss, dass der Kraftstoß nur von der in vertikaler Richtung unteren Seite des Federelementes auf die Lastplatte übertragen wird. Es ist vorteilhaft, das Federelement mittels einer vorspannungserzeugenden Ringmutter am Fallgewicht anzubringen und dabei die in vertikaler Richtung nach oben weisende Seite des Federelementes an die in vertikaler Richtung nach unten weisende Seite des Fallgewichtes zur Anlage zu bringen. Die Vorspannung des Federelementes kann mittels dieser Ringmutter variiert und so die dynamischen Stoßparameter verändert werden.

[0014] Ist das Federelement wie beschrieben in ei-

ner in das Fallgewicht eingebrachten Kammer untergebracht, so wird dadurch auf einfache Weise ein zusätzlicher Schutz des Federelementes gegen Verschmutzung und das Eindringen von Fremdkörpern in das Federelement, d. h. zwischen die einzelnen miteinander in Wirkverbindung stehenden Tellerfedern, erreicht.

[0015] Die Erfindung soll im nachfolgenden Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Die zugehörigen Zeichnungen zeigen in

[0016] [Fig. 1](#): ein erfindungsgemäßes Prüfgerät, in

[0017] [Fig. 2](#): das von einem an die Lastplatte angekoppelten Sensor erzeugte Signal des Weg-Zeit-Verlaufes der Bewegung der Lastplatte bei am unteren Ende der Führungsstange befindlichem, an die Lastplatte angekoppeltem Federelement gemäß dem Stand der Technik und in

[0018] [Fig. 3](#): das von einem an die Lastplatte angekoppelten Sensor erzeugte Signal des Weg-Zeit-Verlaufes der Bewegung der Lastplatte bei am Fallgewicht angeordnetem Federelement gemäß der Erfindung.

[0019] Wie [Fig. 1](#) zeigt, besteht das Prüfgerät aus zwei Hauptbaugruppen. Dies sind zum einen die Lastplatte **1** mit einem darauf angeordneten Sensorgehäuse **2** und im Sensorgehäuse **2** befindlichen im Bild nicht dargestellten Sensoren sowie zum anderen die aus einer Führungsstange **3** mit einer Ausklinkvorrichtung **4** und einer Stoßplatte **5** mit Kugelkalotte, einem Fallgewicht **6** und Federelement **7** bestehende Belastungsvorrichtung **8**. Das Federelement **7** besteht aus vorgespannten Tellerfedern, die eine Fede- rung in vertikaler Richtung bewirken und ist in einer in das Fallgewicht **6** eingearbeiteten Kammer **9** angeordnet, und zwar derart, dass es mit seiner in vertikaler Richtung oberen Seite an der in vertikaler Richtung unteren Seite des Fallgewichtes **6** anliegt. Das Federelement **7** ist mittels einer an seiner in vertikaler Richtung unteren Seite angeordneten Ringmutter **10** am Fallgewicht **6** angebracht. Durch die Ringmutter **10** wird das Federelement **7** unter Vorspannung gegen das Fallgewicht **6** gedrückt, wobei die Vorspannung über die Ringmutter **10** einstellbar ist. Fallgewicht **6**, Federelement **7** und Ringmutter **10** weisen zentrisch eine vertikale Öffnung für die Führungsstange **3** auf. Am unteren Ende der Führungsstange **3** ist die Stoßplatte **5** mit der Kugelkalotte angebracht. Das Fallgewicht **6** mit dem daran angeordneten Federelement **7** kann mit der Ausklinkvorrichtung **4** am oberen Ende der Führungsstange **3** festgesetzt werden.

[0020] Zur Bestimmung der Verformungskennwerte eines Bodens, einer Tragschicht ohne Bindemittel, einer mineralischen Dichtungsschicht, eines Verfüllma-

terials, einer Bodenverbesserung, einer Schicht aus Recyclingmaterial, Asphalt höherer Temperatur oder Beton in jungem Alter wird die Lastplatte **1** eben auf das Prüfplanum aufgelegt. Die Belastungsvorrichtung **8** wird mit der Kugelkalotte der Stoßplatte **5** auf das Sensorgehäuse **2** aufgesetzt und die aus Fallgewicht **6** und Federelement **7** bestehende Einheit **6, 7** am oberen Ende der Führungsstange **3** mittels der Ausklinkvorrichtung **4** festgelegt. Die Einheit **6, 7** befindet sich dann in einer definierten Höhe über dem Prüfplanum. Wird die Einheit **6, 7** aus der Ausklinkvorrichtung **4** gelöst, fällt sie nahezu im freien Fall in Richtung Lastplatte **1** und trifft auf die fest auf das Sensorgehäuse **2** aufgesetzte Stoßplatte **5**. Beim Auftreffen wird ein in seiner Amplitude durch die Masse des Fallgewichtes **6** und des Federelementes **7** und in seiner Wirkdauer durch die Federkonstante des Federelementes **7** sowie die mittels der Ringmutter **10** eingestellte Vorspannung des Federelementes **7** bestimmter Kraftstoß erzeugt. Anhand der durch diesen Kraftstoß bewirkten Bewegung der Lastplatte **1** kann der dynamische Verformungsmodul E_{vd} des Prüfplanums bestimmt werden. Die Bewegung wird mittels des an die Lastplatte **1** angekoppelten Sensors erfasst und in ein elektrische Signal umgewandelt.

[0021] Das von dem an die Lastplatte **1** angekoppelten Sensor erzeugte Signal des Weg-Zeit-Verlaufes dieser Bewegung der Lastplatte **1** zeigt [Fig. 3](#). Es weist verglichen mit einem in [Fig. 2](#) dargestellten Signal des Weg-Zeit-Verlaufes der Bewegung der Lastplatte **1** bei einem Fallgewichtsprüfgerät nach dem Stand der Technik, das heißt mit am unteren Ende der Führungsstange **3** befindlichem, an die Lastplatte **1** angekoppeltem Federelement, auf dessen in vertikaler Richtung oberen Seite bei der Durchführung eines Belastungsversuches das Fallgewicht aufschlägt, keine sekundären Belastungsstöße und weniger Oberwellen auf. Dadurch wird sowohl die nachfolgende Messwertverarbeitung erheblich vereinfacht als auch die Messgenauigkeit des Verfahrens deutlich verbessert. Hinzu kommt eine bessere Reproduzierbarkeit der Messergebnisse bei wiederholten Messungen.

Patentansprüche

1. Fallgewichtsprüfgerät zur Bestimmung der Verformungskennwerte unter definierten Stoßbelastungen von Böden, Tragschichten ohne Bindemittel, mineralischen Dichtungsschichten, Verfüllmaterial, Bodenverbesserungen und Recyclingmaterialien, Asphalt bei höheren Temperaturen, Beton in jungem Alter, eine Lastplatte (**1**) zur Auflage auf das Prüfplanum, eine an die Lastplatte (**1**) angekoppelte Sensoreinrichtung, eine Belastungsvorrichtung (**8**), bestehend aus einer Führungsstange (**3**), einem Fallgewicht (**6**) und einem Federelement (**7**), sowie eine Messwertverarbeitungs- und -auswerteinrichtung

aufweisend, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Federelement (**7**) am Fallgewicht (**6**) angeordnet ist und beim dynamischen Plattendruckversuch eine aus dem Fallgewicht (**6**) und dem Federelement (**7**) bestehende Einheit (**6, 7**) auf die Lastplatte (**1**) auftrifft, wobei sich das Federelement (**7**) beim Auftreffen zwischen Fallgewicht (**6**) und Lastplatte (**1**) befindet.

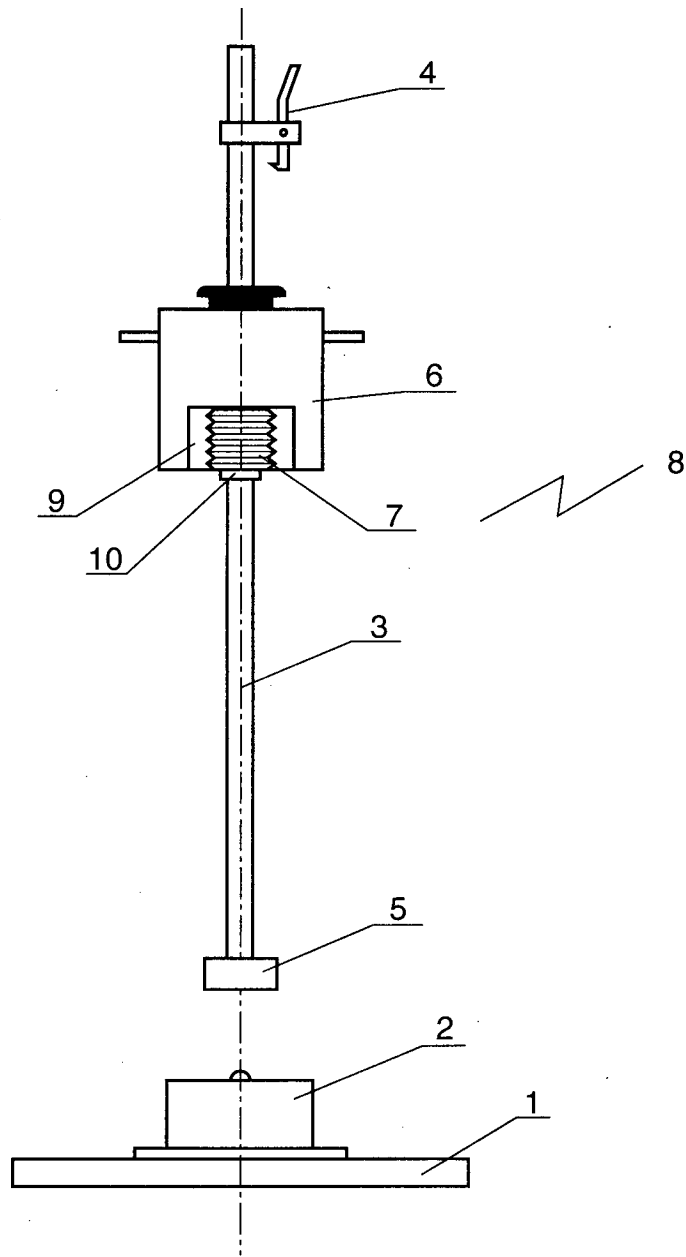
2. Fallgewichtsprüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an der der Lastplatte (**1**) zugewandten Seite der Führungsstange (**3**) eine Stoßplatte (**5**) mit einer Kugelkalotte angeordnet ist, auf die beim dynamischen Plattendruckversuch das Federelement (**7**) auftrifft.

3. Fallgewichtsprüfgerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Federelement (**7**) in einer in das Fallgewicht (**6**) eingearbeiteten Kammer (**9**) angeordnet ist.

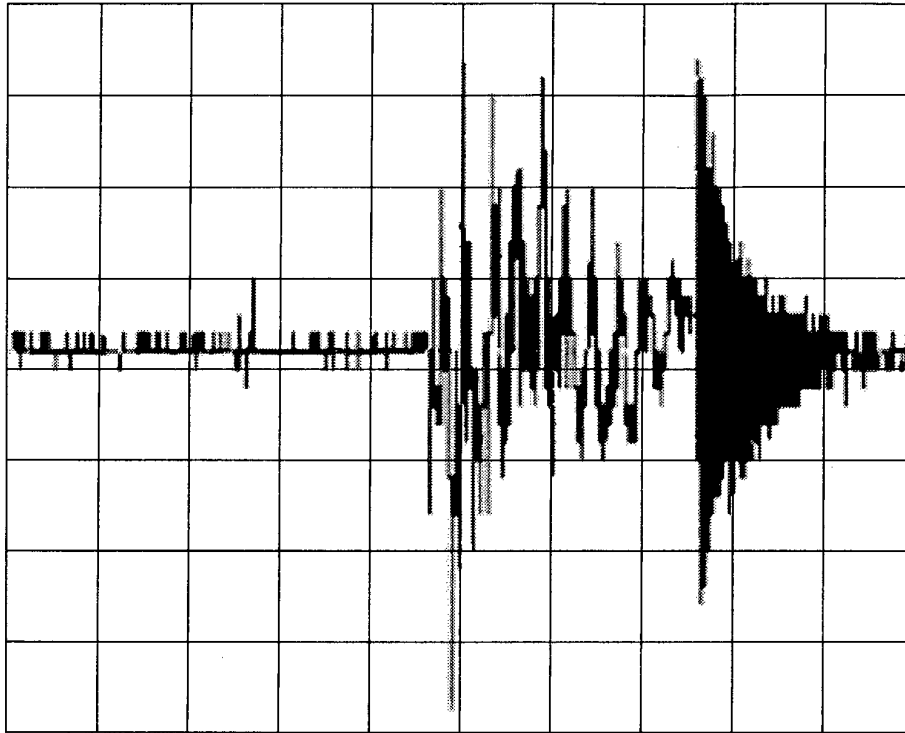
4. Fallgewichtsprüfgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Federelement (**7**) mit einer vorspannungserzeugenden Ringmutter (**10**) am Fallgewicht (**6**) angebracht ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

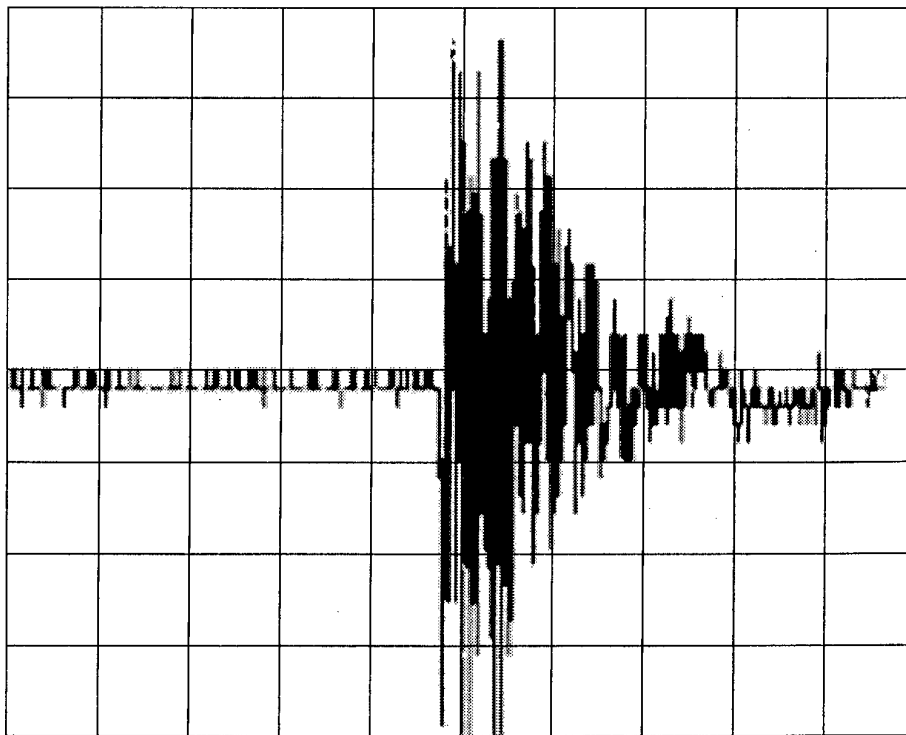


Figur 1



5 ms

Figur 2



5 ms

Figur 3