



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 29 705 B3** 2004.03.18

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 29 705.3**

(22) Anmeldetag: **02.07.2002**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.03.2004**

(51) Int Cl.⁷: **E04B 1/36**
F16M 9/00, F16F 15/04

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:

Leitz Messtechnik GmbH, 35578 Wetzlar, DE

(74) Vertreter:

Knefel, C., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 35578 Wetzlar

(72) Erfinder:

Weber, Hartwig, Dr., 35398 Gießen, DE

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

DE 3 35 259 C

DE 197 44 880 A1

GB 5 01 130

US 20 55 000

JP2000283230AA;

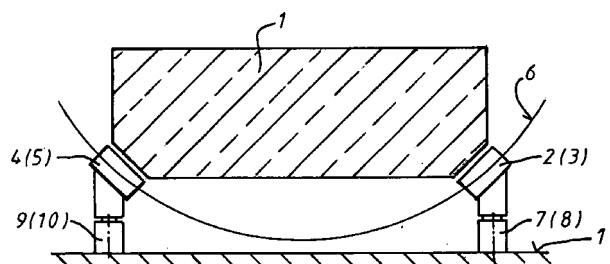
JP11264445AA;

JP2000289698AA;

JP10096447AA;

(54) Bezeichnung: **Schwingfundament**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Schwingfundament zur schwingungsisolierenden Lagerung von Messgeräten und/oder Werkstücken, wobei zur Lagerung des Schwingfundamentes Lager vorgesehen sind, die in horizontaler Richtung weicher ausgebildet sind als in vertikaler Richtung.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schwingfundament zur schwingungs isolierten Lagerung von Messgeräten und/oder Werkstücken.

Stand der Technik

[0002] Gemäß dem Stand der Technik sind Schwingfundamente bekannt, die aus einem Betonblock bestehen und auf Federn gelagert sind. Die Federn sind gemäß dem Stand der Technik als Stahlfedern, Gummimatten, Luftfedern oder dergleichen ausgebildet.

[0003] Bei Koordinatenmessgeräten, deren mechanische Strukturen Eigenfrequenzen von 10 Hz bis einigen 10 Hz aufweisen, ist es zum Beispiel erforderlich, diese Strukturen von Bodenschwingungen der Umgebung des Aufstellortes zu schützen.

[0004] Dies erreicht man durch eine möglichst niederfrequente Aufstellung des Fundamentes.

[0005] Wenn die Massenverteilung auf dem Fundament und damit die Einfederung der einzelnen Aufstellpunkte zeitlich nicht konstant sind, eignen sich zum Beispiel Stahlfedern nicht, da diese gemäß ihrer weichen Federkonstante bei Änderung der Massenverteilung unterschiedlich stark einfedern und dadurch das Fundament aus der Waage gerät. Aus diesem Grunde werden gemäß dem Stand der Technik Luftfedern verwendet, die in ihrer Höhe nachregelbar sind, ohne dass sich ihre Federkonstante wesentlich verändert.

[0006] Diese zum Stand der Technik gehörenden Luftfedern sind üblicherweise als Druckluftzylinder ausgebildet. Diese Druckluftzylinder haben den Vorteil, dass in vertikaler Richtung eine Eigenfrequenz von unter einem Hz (Hertz) erreichbar ist. Diese Druckluftzylinder haben jedoch auch den Nachteil, dass prinzipbedingt in horizontaler Richtung eine Frequenz von beispielsweise drei Hz nicht unterschritten werden kann, was insbesondere bei Koordinatenmessgeräten eine zu geringe Isolationswirkung zur Folge haben kann. Dies liegt an der zur Abdichtung üblicherweise verwendete Polymer-Rollmembran, die in horizontaler Richtung materialbedingt eine höhere Steifigkeit aufweist als das in vertikaler Richtung wirkende Luftpolster.

[0007] Zum Stand der Technik (DE 197 44 880 A1) gehört eine elastische Lagerung für Maschinen und Anlagen mit mindestens einem Federelement und einem parallel dazu angeordneten Dämpfungselement, wobei das Dämpfungselement als Luftfederelement ausgebildet ist. Gemäß diesem Stand der Technik sind unter anderem Federn vorgesehen, die die oben beschriebenen Nachteile der Stahlfedern aufweisen.

[0008] Weiterhin gehört zum Stand der Technik (JP 10096447 A) ein Fundament, welches auf Stützen (2) mittels Kugellagern (4) gelagert ist. Die Stützen (2) sind wiederum auf einer Aufstellfläche (6) mittels Ku-

gellagern (5) gelagert. Zusätzlich sind Federn (8) vorgesehen, die das Fundament (1) in eine Ruhelage bringen. Dieses Schwingfundament hat den Nachteil, dass von außen angeregte Schwingungen auf das Schwingfundament übertragen werden können.

Aufgabenstellung

[0009] Das der Erfindung zugrunde liegende technische Problem besteht darin, ein Schwingfundament zur schwingungs isolierten Lagerung von Messgeräten und/oder Werkstücken anzugeben, welches eine sehr niederfrequente Eigenfrequenz in vertikaler und horizontaler Richtung aufweist.

[0010] Dieses technische Problem wird durch ein Schwingfundament mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0011] Dadurch, dass zur Lagerung des Schwingfundamentes gemäß der Erfindung Lager vorgesehen sind, die in horizontaler Richtung weicher ausgebildet sind als in vertikaler Richtung, ist es möglich, in horizontaler Richtung die gewünschte niedrige Eigenfrequenz zu erreichen. Das erfindungsgemäße Schwingfundament ist darüber hinaus als ein als Pendel wirkendes Schwingfundament ausgebildet und die Rückstellkraft wird durch die Schwerkraft erzeugt.

[0012] Durch diese erfindungsgemäße Ausbildung des Schwingfundamentes zentriert sich das Fundament nach Art eines Pendels in seiner Ruhelage, ohne dass zusätzliche Federn oder dergleichen vorgesehen sein müssen.

[0013] Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform werden diese Lager mit Lagern kombiniert, die in vertikaler Richtung weicher sind als in horizontaler Richtung, also beispielsweise mit den bekannten Druckluftzylindern.

[0014] Vorteilhaft werden als Lager Luftlager und/oder hydrostatische Lager vorgesehen. Diese Lager erfüllen das Kriterium, dass sie in horizontaler Richtung nahezu reibungsfrei sind und damit keinerlei Steifigkeit besitzen, die zu einer horizontalen Eigenfrequenz beitragen könnten.

[0015] Die zur Lagestabilisierung in horizontaler Richtung notwendige Rückstellkraft wird gemäß einer bevorzugten Ausführungsform, wobei die Lager schräg zu einer Grundfläche des Schwingfundamentes angeordnet sind, erreicht. Dadurch zentriert sich das Fundament selbst auf den Lagern. Hierzu ist die Ausrichtung der Lager jeweils tangential oder wenigstens annähernd tangential zur Oberfläche einer Potentialmulde erforderlich. Da es sich bei den auftretenden Schwingungen um Amplituden von üblicherweise wenigen Mikrometern handelt, ist die Anordnung der Luftlager tangential zu der Potentialmulde äußerst vorteilhaft, weil damit das gesamte Fundament als Pendel wirkt. Die nach dem Stand der Technik durch Federelemente erzeugte Rückstellkraft wird hier durch die Schwerkraft erzeugt. Hierdurch ist eine isolierte Aufstellung des Schwingfun-

damentes möglich, so dass die Amplituden der von außen wirkenden Schwingungen gemäß der bekannten Übertragungsfunktion verringert werden.

[0016] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausbildung der Erfindung sind die Luftlager segmentiert ausgebildet, so dass sich die Luftlager an die Kugeloberfläche der imaginären Potentialmulde anpassen.

[0017] Die Lager sind vorteilhaft unterhalb der Grundfläche des Blockes, der das Schwingfundament bildet, angeordnet oder bei einer Schräganordnung den Ecken des Blockes gegenüberliegend.

[0018] Besonders bevorzugt ist die Ausführungsform mit der Potentialmulde, da hierdurch beliebig niedrige Eigenfrequenzen erhalten werden können. Durch die Veränderung der Neigung der Potentialmulde ist die Eigenfrequenz des Schwingfundamentes in nahezu beliebigen Grenzen einstellbar.

[0019] Die Einstellbarkeit der Eigenfrequenz richtet sich nach den Isolationswünschen, das heißt nach den Bedingungen vor Ort.

Ausführungsbeispiel

[0020] In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen:

[0021] **Fig. 1** einen Längsschnitt durch ein Schwingfundament mit Luftlagern;

[0022] **Fig. 2** ein geändertes Ausführungsbeispiel eines Luftlagers;

[0023] **Fig. 3** die grafische Darstellung der Amplitudenübertragungsfunktion eines federnd gelagerten Fundamentes in Abhängigkeit des Frequenzverhältnisses $\eta = \omega/\omega_0$.

[0024] **Fig. 1** zeigt ein Schwingfundament (1), welches auf Luftlagern (2, 3, 4, 5) gelagert ist. Die Luftlager (2, 3, 4, 5) sind tangential zur Oberfläche einer Potentialmulde (6) angeordnet, derart, dass sich das Schwingfundament (1) selbst zwischen den Lagern (2, 3, 4, 5) zentriert. Die Luftlager (2, 3, 4, 5) sind in horizontaler Richtung weicher ausgebildet als in vertikaler Richtung.

[0025] Die Luftlager (2, 3, 4, 5) sind auf Druckluftzylindern (7, 8, 9, 10) angeordnet. Die Druckluftzylinder (7, 8, 9, 10) sind in vertikaler Richtung weicher ausgebildet als in horizontaler Richtung. Durch die in **Fig. 1** dargestellte Lagerung wirkt das Schwingfundament (1) als Pendel. Hierdurch ist eine isolierte Aufstellung des Schwingfundamentes (1) möglich, so dass von außen wirkende Schwingungsamplituden des Bodens (11) gemäß der bekannten Übertragungsfunktion auf das Schwingfundament (1) reduziert werden.

[0026] Gemäß **Fig. 2** ist eine Ecke (12) des Schwingfundamentes (1) gezeigt. Der Ecke (12) gegenüberliegend ist ein Luftlager (13) angeordnet, welches Segmente (14) aufweist. Die Segmente (14) sind der Form der Potentialmulde angepasst ausgerichtet. Das Luftlager (13) ist auf einem Luftfederelement gemäß dem Stand der Technik angeordnet, das im Wesentlichen aus einem Druckluftzylinder (7) be-

steht, der eine durch einen Kanal (15) mit Druckluft beaufschlagte Kammer (16) aufweist. Für die Abdichtung des Druckluftzylinders (7) ist eine Membran (17) vorgesehen, die einen Teller (18) trägt, auf dem das Luftlager (13) angeordnet ist.

[0027] **Fig. 3** zeigt die bekannte Amplitudenübertragungsfunktion vom Umgebungsboden auf das Fundament, in Abhängigkeit der Frequenz dargestellt. Nahe der Eigenfrequenz ω_0 ist ein resonanzbedingtes Maximum vorhanden, das um so kleiner ausfällt, je größer die eingestellte Dämpfung ist. Zu kleinen Frequenzen hin nähert sich die Amplitudenübertragungsfunktion der Verstärkung 1, zu größeren Frequenzen hin wird die Verstärkung 1 bei $\omega_0 \cdot \sqrt{2}$ unterschritten und wird nach der Formel immer kleiner. Durch geeignete Wahl dieser Aufstellfrequenz ω_0 lässt sich die Isolationswirkung an die am jeweiligen Standort vorherrschenden Gegebenheiten anpassen.

[0028] Für die Amplitudenfunktion gilt:

$$\frac{\hat{A}}{\hat{A}_0} = \sqrt{\frac{1 + 4D^2\eta^2}{(1 - \eta^2)^2 + 4D^2\eta^2}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\eta = \frac{\omega}{\omega_0}$$

D = Dämpfung

Bezugszeichenliste

1	Schwingfundament
2, 3, 4, 5	Luftlager
6	Potentialmulde
7, 8, 9, 10	Druckluftzylinder
11	Boden
12	Ecke des Schwingfundamentes (1)
13	Luftlager
14	Segmente
15	Kanal
16	Druckluftkammer
17	Membran
18	Teller

Patentansprüche

1. Vertikal auf Federelementen gelagertes Schwingfundament zur schwingungs isolierten Lagerung von Messgeräten und/oder Werkstücken, da-

durch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu den Federelementen Lager **(2, 3, 4, 5; 13)** vorgesehen sind, die in horizontaler Richtung weicher ausgebildet sind als in vertikaler Richtung, derart, dass das Schwingfundament als ein als Pendel wirkendes Schwingfundament ausgebildet ist, und dass die Rückstellkraft durch die Schwerkraft erzeugt wird.

2. Schwingfundament nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die vertikal isolierenden Federelemente als Druckluftzylinder ausgebildet sind.

3. Schwingfundament nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Lager Luftlager **(2, 3, 4, 5; 13)** und/oder hydrostatische Lager vorgesehen sind.

4. Schwingfundament nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lager **(2, 3, 4, 5; 13)** des Schwingfundamentes **(1)** eine Ausrichtung schräg zu einer Grundfläche des Schwingfundamentes **(1)** aufweisen.

5. Schwingfundament nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Lager **(2, 3, 4, 5; 13)** des Schwingfundamentes jeweils eine Ausrichtung tangential oder wenigstens annähernd tangential zur Oberfläche einer Potentialmulde **(6)** aufweisen.

6. Schwingfundament nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Lager **(13)** segmentiert ausgebildet sind und eine Krümmung aufweisen, die der Potentialmulde **(6)** angepasst oder wenigstens annähernd angepasst ausgebildet ist.

7. Schwingfundament nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schwingfundament **(1)** als Block in Form eines Quaders ausgebildet ist, und dass die Lager **(2, 3, 4, 5; 13)** den unteren vier Ecken des Schwingfundamentes gegenüberliegend angeordnet sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

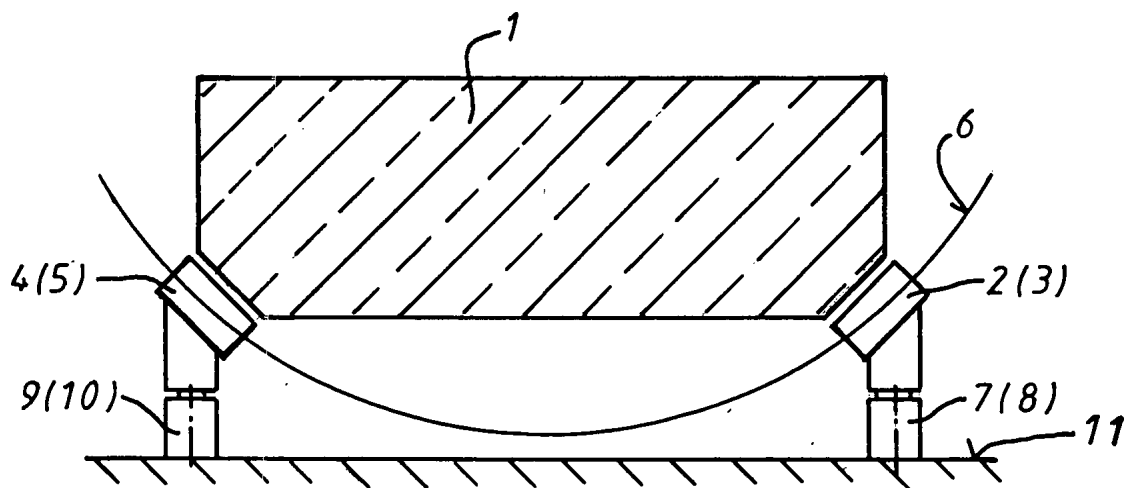


Fig. 1

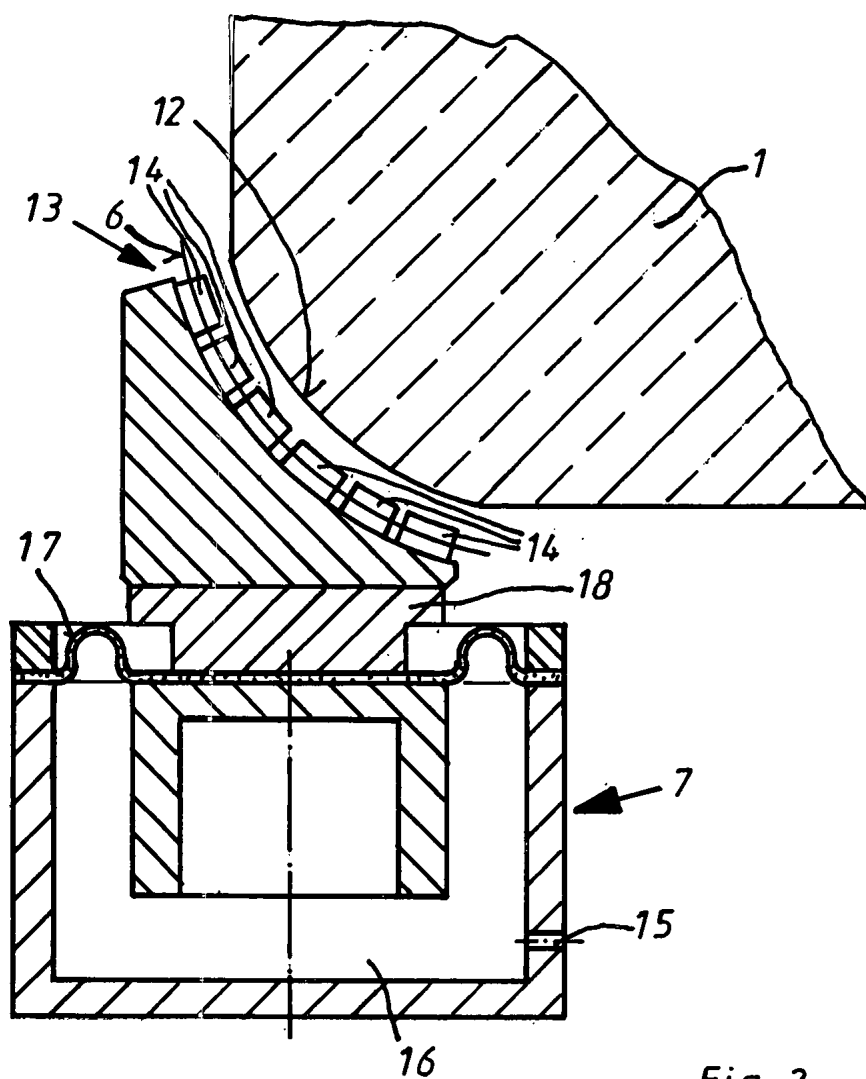


Fig. 2

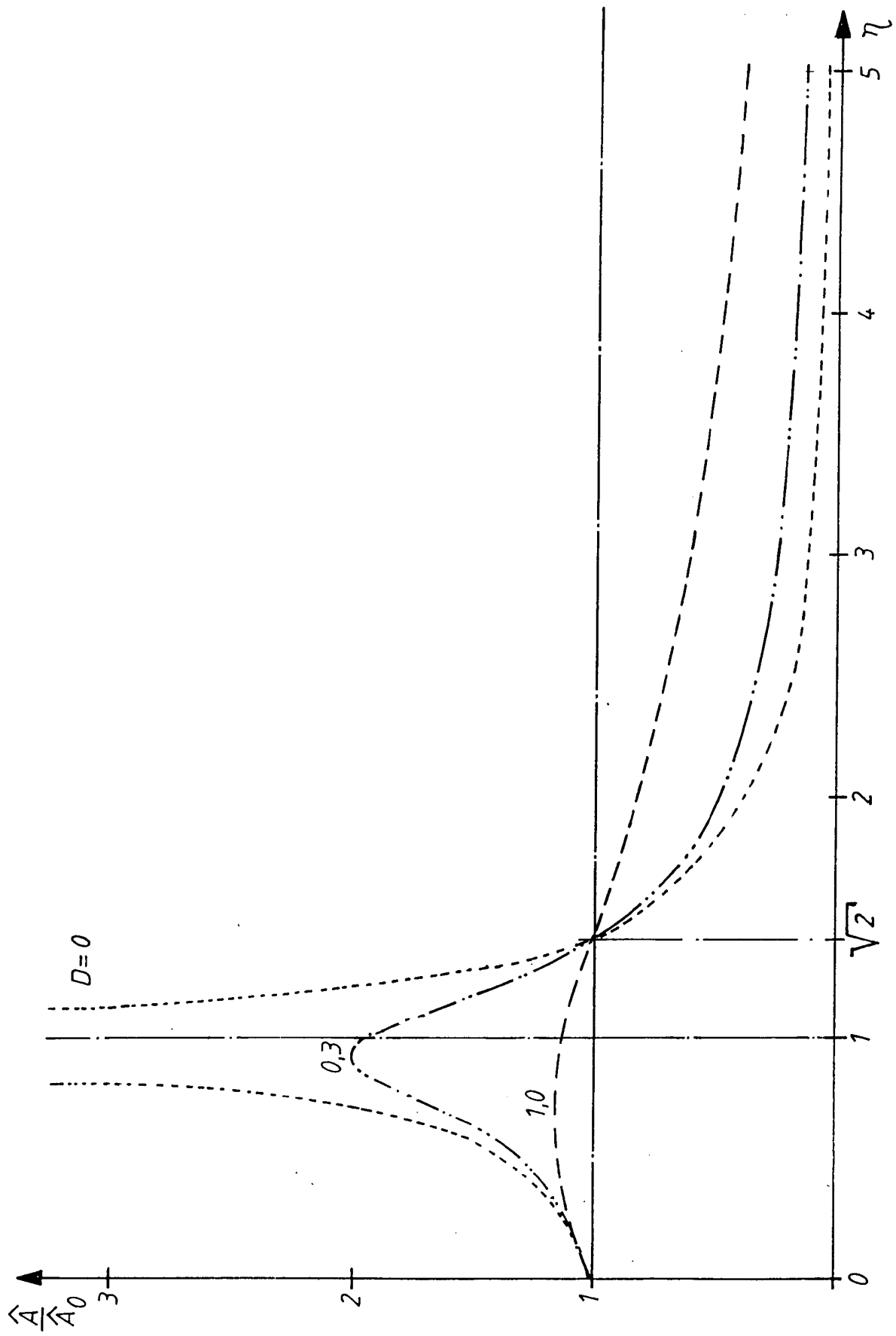


Fig. 3