



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 683714 A5

⑤① Int. Cl.⁵: G01 G 3/13
G01 G 19/02

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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑫① Gesuchsnummer: 4024/90

⑦③ Inhaber:
K.K. Holding AG, Winterthur

⑫② Anmeldungsdatum: 19.12.1990

⑫④ Patent erteilt: 29.04.1994

⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 29.04.1994

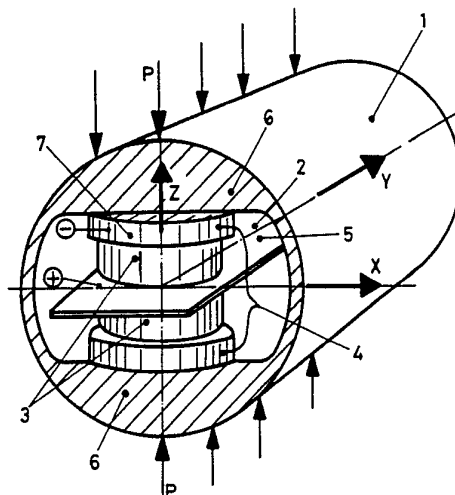
⑦② Erfinder:
Sonderegger, Hans-Conrad, Neftenbach
Calderara, Reto, Neftenbach
Giorgetta, Mario, Winterthur
Barberis, Dario, Dr., Zürich
Caprez, Markus, Dr., Zürich

⑫④ Kraftsensoranordnung, insbesondere zur dynamischen Achslast-, Geschwindigkeits-, Achsabstands- und Gesamtgewichtsbestimmung von Fahrzeugen.

⑫⑦ Die Erfindung umfasst eine Kraftsensoranordnung, insbesondere zur dynamischen Achslast-, Geschwindigkeits-Achsabstand und Gesamtgewichtsbestimmung von Fahrzeugen. Die Kraftsensoranordnung ist in die Fahrbahn fest verlegt. Es ist modular aufgebaut aus dem Verstärkermodule (11), dem Sensormodule (12) und dem Endmodule (13). Die einzelnen Module können durch Steckverbindungen, Schweißflanschverbindungen oder Klebflanschverbindungen dicht gekoppelt werden, wodurch Längen entsprechend den Fahrbahnbreiten erreicht werden. Das Sensormodule (12) besteht aus einem Hohlprofil (1), in welchem Piezoelemente (4) unter elastischer Vorspannung eingebaut sind. Die Piezoelemente (4) sind in Abständen von z.B. 5 bis 10 cm im Hohlprofil (1) untergebracht und können gesamthaft mit nur einer elektrischen Leitfolie (5) verbunden sein oder können in Gruppen- oder Einzelschaltung mit der Signalverarbeitungsanlage (19) verbunden sein. Je nach dieser Unterteilung kann die Strassenbreite nach Wunsch unterteilt werden, z.B. zur Erstellung des Strassenbelastungsdiagrammes.

Die Hohlprofile sind so gestaltet, dass sie durch seitliches Einspannen elastisch so geöffnet werden können, dass einfaches Einführen der mechanisch zusammenhängenden Piezoelemente (4) möglich wird. Nach Lösen dieser Einspannung sind die Piezoelemente (4) unter hoher

elastischer Vorspannung. Damit können allfällige Toleranzfehler überwunden werden, sodass eine teure mechanische Bearbeitung entfällt, und alle Teile mit Standardtoleranz verwendet werden können.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kraftsensoranordnung, insbesondere zur dynamischen Achslast-, Geschwindigkeits-, Achsabstands- und Gesamtgewichtsbestimmung von Fahrzeugen und ein Montageverfahren für den Kraftsensor, Auswertverfahren sowie Kalibrierverfahren.

Bekannt sind statische Gewichtsmessungen von Fahrzeugen mittels Brückenwaagen, oder mit auf die Fahrbahnoberfläche aufsetzbaren und im allgemeinen leicht transportierbaren Wägeeinrichtungen. Als Beispiel dafür sei hier die Patentschrift CH 597 595 genannt, welche eine Wägeplattform beschreibt, bei der eine Wägeplatte unter Zwischenschaltung von hydraulischen Aufnehmern auf einer Grundplatte angebracht ist. Gemessen wird der Druck der durch die Belastung komprimierten Flüssigkeit. Auch mit Dehnungsmesselementen arbeitende Wägeplattformen sind bekannt. So besteht die in der Patentschrift US 3 949 822 beschriebene Wägeplattform aus einer durch die Belastung durchbiegbaren Grundplatte und einer Wägeplatte, wobei die Durchbiegung mittels Dehnungsmesselementen gemessen wird. Beide Wägeplattformen sind relativ dick und mit Auffahrampen versehen. Es ist klar, dass sie sich nur für statische Wägungen von Achslasten oder solche bei sehr langsamer Überfahrt eignen.

Eine moderne Achslastbestimmung muss aber, angesichts des anschwellenden Fahrzeugverkehrs, dynamisch erfolgen können, d.h., ohne dass die Fahrzeuge ihre Geschwindigkeit drosseln müssen. Es ist bereits versucht worden, mittels sogenannten Piezokabeln, welche in den oberen Deckbelag einer Fahrbahn eingelegt wurden, Achslast und Fahrzeuggewicht zu bestimmen. Piezokabel enthalten als Signalelemente Piezofolien oder Piezomasse. Deren Messempfindlichkeit ist sehr temperaturabhängig. Die Messanordnung mit einem in den oberen Deckbelag eingebauten Piezokabel neigt zur Instabilität, wegen der kleinen kraftaufnehmenden Oberfläche und der Komprimierbarkeit eines Plastikabels, was eine sich verändernde Messempfindlichkeit und weitere Unzulänglichkeiten der Messung wie z.B. Instabilität des Messnullpunktes verursacht. Zudem sind die Messresultate der Achslast und des Fahrzeuggewichtes zu ungenau, meist wegen des oft ungenügenden Isolationswiderstandes von Piezokabeln. Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Kraftsensormodul zu schaffen, welches die genannten Nachteile behebt und die dynamische Achslast-Geschwindigkeits-Achsbands- und Gesamtgewichtsbestimmung von Fahrzeugen ermöglicht, wozu vorteilhafterweise zwei Kraftsensoranordnungen in kurzem Abstand hintereinander angeordnet werden.

Die Kraftsensoranordnung soll für jede Fahrbahnbreite geeignet und auf einfache Weise montierbar sein und sowohl für Asphalt- wie auch Betonstrassen verwendbar sein.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass ein Kraftsensor aus einem Hohlprofil (1) in die Fahrbahn verlegt ist, in dem eine Mehrzahl von Piezoelementen eingebaut sind, die über die ganze Länge des Hohlprofils (1) eine konstante Kraftmess-

Empfindlichkeit ergeben und derart aufgebaut sind, dass elektrische Serie-, Gruppen- oder Einzelschaltung der Piezoelemente möglich ist und dass es einfach verlegbare Module ergibt, die aus Verstärker-Sensor- und Abschlusseinheit aufgebaut sind.

Die Erfindung wird im folgenden näher beschrieben durch die Darstellung verschiedener Ausführungsformen anhand der Zeichnungen. Es stellen dar:

Fig. 1 einen Querschnitt durch einen erfindungsgemässen Kraftsensor mit zylinderförmigem Hohlprofil (Rohrsensor)

Fig. 2 das Montageverfahren zur Öffnung eines Hohlprofils mit kreisförmigem Querschnitt durch Seiteneinspannung

Fig. 3 die einbaufertige Kraftsensoranordnung

Fig. 3A ein Verstärkermodule direkt am Kraftsensor angeschlossen

Fig. 3B Separat angeschlossenes Verstärkermodule über einen Wellenschlauch, verbunden mit Kraftsensor

Fig. 4 ein Verstärkermodule

Fig. 5 ein Sensormodule mit Steckverbindung

Fig. 6 ein Messendmodule mit Steckverbindung

Fig. 7 Sensormodule in Faltstellung zum Transport bereit

Fig. 8 einen Querschnitt durch ein rohrförmiges Hohlprofil, wobei die Krafteinleitungsteile vom Rohr elektrisch isoliert sind

Fig. 9 einen Querschnitt durch ein sechseckiges Hohlprofil

Fig. 10 einen Längsschnitt durch einen Rohrsensor nach Fig. 8

Fig. 11 einen Längsschnitt durch einen mit Vorverstärkern bestückten Rohrsensor

Fig. 12 ein bevorzugtes Montageverfahren, wobei eine Montageeinheit bestehend aus leitender Folie, beidseitig aufgebrachten Piezoscheiben, Krafteinleitungsteilen und Signalleitern in das geöffnete Hohlprofil eingeführt wird

Fig. 13a, b, c eine Messanordnung zum Erfassen von Fahrzeugen

Fig. 14a, b, c eine Messanordnung zur Bestimmung des Strassenbelastungsprofils

Fig. 15 einen Querschnitt durch eine Ausfräsung im oberen Deckbelag einer Fahrbahn

Fig. 16 einen Querschnitt durch eine Ausfräsung nach Fig. 15, mit einliegendem Kraftsensor und schematisch dargestellter Krafteinleitung.

Fig. 17 Rohrsensor mit Krafteinleitungsplatten

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht mit Querschnitt durch einen erfindungsgemässen Kraftsensor mit zylinderförmigem Hohlprofil (Rohrsensor). Das Hohlprofil 1 enthält eine längsachsig liegende Aussparung 2, in der kraftschlüssig ein Piezoelement 4 liegt, wobei 3 die beiden Piezoscheiben 7, die Krafteinleitendeile sind. Dazwischen ist eine elektrisch leitende Folie 5 als Signalträger eingelegt. Das damit entstandene Piezoelement 4 ist so ausgelegt, dass es im wesentlichen für eine in z-Richtung wirkende Kraft empfindlich ist. Die Einleitung dieser Kraft P erfolgt über eine krafteinleitende Partie 6. Der Kraftsensor liegt, wie später

ausgeführt wird, im allgemeinen im oberen Deckbelag einer Fahrbahn und die Kräfte P stammen vom Gewicht eines darüber fahrenden Fahrzeuges. Sie erzeugen in der elektrisch leitenden Folie 5 beispielsweise positive elektrische Ladungen, in den Krafteinleitteilen 7 negative Ladungen. Die Krafteinleitteile 7 können als das ganze Hohlprofil durchziehende isolierende Keramikleisten oder als Einzelteile ausgebildet sein. Bei Krafteinleitteilen 7 aus Keramik müssen metallisierte Partien entsprechend dem Stand der Technik vorgesehen sein, um die Minus-Ladungen ableiten zu können.

Es ist aber auch möglich, die Krafteinleitteile 7 aus Metall herzustellen und die Minus-Ladungen direkt über ein metallenes Hohlprofil abzuleiten.

Es ist jedoch sicherer, das Hohlprofil nur für die Verpackung und Krafteinleitung statt zusätzlich noch für die elektrische Leitung zu benützen.

Das Piezoelement 4 ist mechanisch vorgespannt. Diese Vorspannung wird dadurch erreicht, dass das Hohlprofil 1 während der Montage seitlich in x-Richtung mit Pressbacken zusammengedrückt wird, wodurch die Aussparung 2 sich in z-Richtung um den Betrag Δh ausweitet (Fig. 2), worauf das Piezoelement 4 in die Aussparung 2 eingeführt wird. Nachdem der seitliche Druck aufgehoben worden ist, fällt auch die Ausweitung dahin, und das Piezoelement 4 erfährt bei geeigneter Dimensionierung des Hohlprofils 1 und der Aussparung 2 eine elastische Vorspannung (Fig. 2). Als Materialien für die Piezoscheiben 3 können sowohl kristalline Materialien wie auch Piezokeramiken oder Piezofolien verwendet werden. Das Hohlprofil 1 kann beispielsweise aus einem rostfreien Stahlrohr mit gezogenem Innenprofil oder aus einem extrudierten Rohr aus einer Al-Legierung bestehen. Ebenso könnte es aus einem geeigneten Kunststoff bestehen. Vorteilhaft zu Einbauzwecken hat sich ein Aussendurchmesser von ca. 20 ... 30 mm ergeben.

Fig. 3 zeigt eine erfindungsgemässe Kraftsensoranordnung. Fig. 3A zeigt, wie das Verstärkermodule 11 direkt am Kraftsensor der Länge 1 angebracht ist. Fig. 3B zeigt diese Verbindung über ein Wellschlauchkabel 10. Der Kraftsensor der Länge 1 (die bis 20 m sein kann) ist aus herstell- und montage-technischen Gründen in Einzelstücke der Länge 11 unterteilt. Diese Sensormodule 12 sind vorteilhafterweise etwa 1 ... 2 m lang und können zusammengesteckt, geschweisst oder geklebt werden. Um den Kraftsensor der Form der Fahrbahn anzupassen ist es vorteilhaft, die Kupplungselemente mit einer gewissen Elastizität auszurüsten, damit der Winkel γ etwa 1 ... 3° beträgt.

Fig. 4 zeigt ein rohrförmig ausgebildetes Verstärkermodule 11 mit Kupplungsstück 14.

Fig. 5 zeigt ein Sensormodule 12 mit positiven und negativen Kupplungsstücken 14.

Fig. 6 zeigt das Endmodule 13, das den Abschluss einer erfindungsgemässen Kraftsensoranordnung ergibt. Dessen modularer Aufbau ist grundsätzlich durch drei verschiedene Teile allen Einbauanforderungen gewachsen.

Es ist klar, dass die Kupplungsstücke 14 sowohl mechanische wie auch elektrische Aufgaben lösen müssen.

In Fig. 7 ist angedeutet, wie eine Anzahl von Sensormodulen 12 faltenbalgähnlich zum Transport vorbereitet sein können, um dann bei der Verlegung ineinander geschoben werden zu können. Dabei können auch einfache Verbindungsflansche 15 vorgesehen werden, die verschweisst oder verkittet werden.

Durch die Einspritzöffnung 16 kann eine Dichtmasse eingeführt werden.

Fig. 8 zeigt einen Querschnitt durch eine ähnliche Ausführungsform des erfindungsgemässen Kraftsensors wie Fig. 1. Der Hauptunterschied gegenüber der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform besteht im handelsüblichen Rohr, indem die Krafteinleitung über separate, d.h. vom Hohlprofil 1 durch eine Isolationsschicht 9 getrennte Krafteinleitteile 7 erfolgt. Dadurch wird es möglich, beide Signalableitungen vom Hohlprofil 1 getrennt zu halten, wodurch das Messsystem weniger störungsfähig wird. Die Signalableitung erfolgt einerseits über die leitende Folie 5, andererseits über Signalleiter 8, welche in Nuten der Krafteinleitteile 7 elektrisch leitend eingelegt sind. Auch mechanisch stellt die in Fig. 8 dargestellte Ausführungsform des Kraftsensors eine Variante von Fig. 1 dar, indem der Hohlkörper 1 aus einem Rohr besteht und zwecks Öffnung ebenfalls durch seitliches Einspannen in Spezialschraubstock elastisch verspannt werden kann.

Fig. 9 zeigt ein erfindungsgemässes Hohlprofil in Form eines 6-kant Rohres, das ebenfalls durch Einspannen in x-Richtung mechanisch geöffnet werden kann. Es sind aber auch andere Hohlprofile denkbar.

Fig. 10 zeigt einen Kraftsensor nach Fig. 8 im Längsschnitt mit den in kurzen Abständen angeordneten Piezoelementen 4, den Signalleitern 8 und der elektrisch leitenden Folie 5.

Bei den bisher dargestellten Ausführungsformen der Erfindung waren die in den Kraftsensor integrierten Elektronikbauteile im Verstärkermodule 11 untergebracht. Üblicherweise handelt es sich um Ladungsverstärker oder Impedanzwandler. Integrierte Impedanzwandler haben zur Folge, dass die nachgeschalteten Kabel nicht mehr hochohmig isoliert sein müssen. Es kann nun erwünscht sein, wie später in der Beschreibung von Fig. 14 eingehender dargestellt, dass einzelne Piezoelemente 4 elektrisch durch Parallelschaltung verbunden sind und die Messsignale der derart entstehenden Gruppe von Piezoelementen getrennt nach aussen, d.h. zur Signalverarbeitungsanlage 19 geführt werden, wie in Fig. 14 gezeigt. Die Vorverstärker, von denen zu jeder Gruppe mindestens einer gehört, können dann z.B. innerhalb des Hohlprofils 1 liegen, wie in Fig. 11 dargestellt. Der Vorverstärker 18 ist in der in Fig. 11 dargestellten Ausführungsform seitlich an den elektrisch isolierenden Piezoelementen 4 angebracht, elektrisch verbunden einerseits mit der leitenden Folie 5, andererseits mit einem der voneinander elektrisch isolierten Signalleiter 8. Die beiden andern eingezeichneten Signalleiter 8 leiten die von weiteren Piezoelementen 4 oder Gruppen von Piezoelementen 4 stammenden Messsignale ab.

Es ist vorteilhaft, wenn die Signalleiter 8, Vorver-

stärker 18 sowie ev. weitere elektrische Bauteile innerhalb des Hohlprofils 1 liegen, weil sie dadurch gegen korrosive Einflüsse von aussen geschützt und elektrisch abgeschirmt sind.

Die separate Ableitung von Messsignalen hat auch den Vorteil, dass bei Unterbruch einer Signalleitung nicht der ganze Kraftsensor ausser Funktion gesetzt wird, sondern nur ein einzelnes Piezoelement 4 oder eine einzelne Gruppe von Piezoelementen 4. Bei Serieschaltung gerät u.U. der ganze Kraftsensor ausser Funktion. Zudem ermöglicht jeder Vorverstärker eine Abstimmung und damit eine Eichung der lokalen Messempfindlichkeit des oder der zugehörigen Piezoelemente 9.

Fig. 12 stellt ein einfaches Montageverfahren für den erfindungsgemässen Kraftsensor dar. Die leitende Folie 5, die beidseitig paarweise aufgeklebten Piezoscheiben 3, die Krafteinleitteile 7 sowie die Signalleiter 8 bilden eine vormontierte Montageeinheit ähnlich einer Gliederkette von 1...2 m Länge.

Das Hohlprofil 1 (in diesem Falle ein Rohr) wird, analog zu dem in Fig. 2 dargestellten Verfahren, durch seitliche Pressung in der z-Richtung ausgedehnt, wodurch genügend freier Raum entsteht, um die oben genannte Montageeinheit in das Rohr einzuführen. Wird die seitliche Pressung aufgehoben, so zieht sich das Rohr wieder zusammen, wobei die Montageeinheit mit den Piezoelementen 4 unter elastische Vorspannung gesetzt werden. Die bisher in den Figuren dargestellten Ausführungsformen der Erfindung zeigen kreisförmige Querschnitte des Hohlprofils. Es sind jedoch auch quadratische, rechteckige, sechseckige und andere Querschnitte möglich.

Fig. 13 zeigt eine Messanordnung, welche die erfindungsgemässe Kraftsensoranordnung zum Erfassen der den Rohrsensor überfahrenden Achsen verwendet.

Fig. 13a zeigt den Querschnitt durch eine zweispurige Fahrbahn. Die Sensormodule 12 sind im Fahrbahnbelag 20 in bestimmter Tiefe «t» eingebettet und über Wellschlauchkabel 10 mit der Signalverarbeitungsanlage 19 verbunden.

Zur Erfassung der Fahrzeuggeschwindigkeit werden zwei solcher Kraftsensoranordnungen in einem bestimmten Abstand von beispielsweise 10 m hintereinander angeordnet.

Fig. 13b zeigt die Schaltungsart der in der Kraftsensoranordnung angeordneten Piezoelemente 4. Dabei sind alle hintereinander geschaltet, so dass nur die elektrisch leitende Folie 5 und die Signalleiter 8 zum Vorverstärker der Signalverarbeitungsanlage 19 führen.

Fig. 13c zeigt die registrierten Signale wenn ein Personenwagen 21 und kurz darauf ein Lastwagen 22 über die Kraftsensoranordnung fahren.

Die gemessenen Impulse können im Rechner über Algorithmen direkt in Achslastwerte umgewertet werden. Bei zwei hintereinander angeordneten Anlagen können die Impulsanstiege direkt zur Geschwindigkeitsmessung verwendet werden.

Die Begrenzung des Systems ist ersichtlich, wenn zwei Fahrzeuge nebeneinander genau gleichzeitig die Kraftsensoranordnung passieren. Für solche Anwendung ist es vorteilhaft, wenn die Piezo-

elemente 4 der Überholfahrbahn separat von der Hauptfahrbahn an die Signalverarbeitungsanlage 19 geleitet werden, was ohne weiteres möglich ist.

Fig. 14 zeigt einen Extremfall der Einzelauflösung der Empfindlichkeit über die gesamte Länge der erfindungsgemässen Kraftsensoranordnung.

Fig. 14a zeigt den Querschnitt durch eine zweispurige Fahrbahn Fig. 13a.

Fig. 14b zeigt die Schaltungsart der in der Kraftsensoranordnung angeordneten Piezoelemente 4. Dabei sind jeweils zwei Piezoelemente 4 via separaten Signalleiter 8 mit der Signalverarbeitungsanlage 19 verbunden. Noch extremer könnte jedes einzelne Piezoelement 4 mit der Signalverarbeitungsanlage verbunden sein. Damit sind gemäss Fig. 14c ganz neue Möglichkeiten offen, indem die Fahrbahnbreite in Dutzende von Einzelabschnitten aufgeteilt werden kann.

Fig. 14c zeigt ein Strassenbelastungsdiagramm summiert z.B. nach einem Tag. Damit kann die Strassenbelagsforschung sehr wichtige Schlüsse über den Belastungszustand einzelner Strassenabschnitte aufstellen.

Fig. 15 zeigt die Dimensionen eines Fräsprofils wie es z.B. in einer Betonfahrbahn vorgesehen ist. Die optimierten Erfahrungswerte Winkel α , Bodenradius R und Tiefe t sind in ausgedehnten Versuchsreihen gewonnen.

Fig. 16 zeigt den Einbau im Querschnitt, der Kraftsensor 1 kann gemäss der linken Figurhälfte direkt im Belag aufliegen oder in die Schiene 25 eingelegt sein, gemäss rechter Figurhälfte. Die Schiene 25 ist ihrerseits mittels Stützdornen 28 fest in der Fahrbahn verankert. Von besonderer Bedeutung sind der Öffnungswinkel α und die Verbindung der Ausgussmasse 26 mit den Seitenwänden. Eventuell kann es vorteilhaft sein, die krafteinleitende Partie 6 mit Kraftübertragungsteilen 27, die in Zapfen- oder Leistenform auf dem Rohrprofil angebracht sind, vorzusehen. Diesbezüglich sind noch umfassende Versuche im Gang. Von grosser Bedeutung ist auch die Zusammensetzung der Ausgussmasse 26, je nachdem eine Asphalt- oder Betonfahrbahn ausgerüstet werden soll. Durch Zumischung von Kunststoffteilen kann die Ausgussmasse durch Versuchsreihen optimiert werden. Ziel ist ein jahrelang zuverlässiger Einbau der erfindungsgemässen Kraftsensoranordnung.

Fig. 17 zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemässen Hohlprofils, nachdem andere Ausführungsformen bereits in den Fig. 1, 8 und 9 dargestellt wurden. Der rohrförmige Teil 29 trägt auf Ober- und Unterseite je einen plattenförmigen Teil 30 und 31. Die Krafteinleitteile 7 haben einen trapezförmigen Querschnitt. Die weitere Ausgestaltung des in Fig. 17 dargestellten erfindungsgemässen Sensormoduls ist bereits bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform beschrieben. Die Krafteinleitung in den rohrförmigen Teil 29 ist durch den plattenförmigen Teil 30 besser definiert als bei den in den Fig. 1, 8 und 9 dargestellten Ausführungsformen. Der (untere) plattenförmige Teil 31 dient der Verankerung des Sensorteils im Untergrund.

Auf die elektronischen Auswertsysteme zur Erfas-

sung der Achslasten der Fahrgeschwindigkeit der Achsabstände zur Erkennung der Fahrzeugtypen und Katalogisierung derselben, soll hier nicht eingegangen werden. In der Fachliteratur besteht über Trafficmanagement Systeme bereits ein grosses Wissen. Diese Systeme sind bis heute mehrheitlich auf in der Fahrbahnoberfläche eingebauten Induktions-Schleifen aufgebaut und sind teilweise mit Piezokabelsensoren ergänzt worden.

Zuverlässige Trafficmanagement Systeme sind aber bis heute nicht möglich geworden, weil keine zuverlässigen Achslastsensoren bekannt geworden sind.

Die erfindungsgemässe Kraftsensoranordnung deckt damit eine Marktlücke ab mit einem Solidstate Sensorsystem, dessen Deformation unter Max.-Last im Bereich von wenigen Mikrometern liegt und dessen Empfindlichkeitsbereich vom Motorrad bis zum 40 t Lastzug reicht.

Die piezoelektrische Messtechnik ist für die Registrierung hochdynamischer Vorgänge ideal. Sie weist auch die grösste Auflösungsmöglichkeit aller bekannten Messsysteme auf. Durch die einfache Signalabführung mit nur einem Leiter ist es ohne weiteres möglich, Dutzende von Einzelpiezoelementen separat der Signalverarbeitungsanlage 19 zuzuführen.

Von ausschlaggebender Bedeutung ist auch die Tatsache, dass die Piezoelemente die Messenergie selber erzeugen, die unter hoher Spannung sofort in der Signalverarbeitungsanlage 19 umgewandelt wird. Eine Aufheizung der Kraftsensoranordnung wie dies z.B. mit DMS bestückten Elementen der Fall wäre, trifft mit Piezoelementen nicht auf, so dass die erfindungsgemässe Kraftsensoranordnung stets die Temperatur seiner Umgebung hat, womit Grenzschichtprobleme vermieden werden.

Die Verwendung von piezoelektrischen Vorverstärkern ist seit 15 Jahren bekannt. Sie können durch Solidstate-Technik auf wenig mm³ miniaturisiert werden.

Hybrid-Ladungsverstärker sind den Temperatur- und Erschütterungen des Strassenbetriebs voll gewachsen, sie ermöglichen konstante Empfindlichkeit der Piezoelemente 4 unabhängig von der Anzahl der angeschalteten Menge.

Die erfindungsgemässe Kraftsensoranordnung öffnet damit eine Reihe von Möglichkeiten, die sowohl in der Steuerung der zunehmend komplizierteren Verkehrsaufgaben, wie auch in der Zustandsüberwachung hochbeanspruchter Fahrbahnen auf Brücken, Tunneln etc. von Bedeutung werden können.

In grösserem Verbund angewendet, ermöglicht das erfindungsgemässe System die Transportflussrichtungen statistisch zu erfassen, was Gesamt-Übersichten von internationalen Strassentransportwegen eröffnet.

Schlussendlich kann die Anordnung aber auch Fahrzeuge mit Überlast aus dem Verkehrsstrom ausschleiden.

Es ist anzunehmen, dass Fahrzeuggeschwindigkeiten von 5 km/h bis 200 km/h zuverlässige Gewichtsaussagen ermöglichen.

Eine weitere interessante Anwendung wird die

erfindungsgemässe Anordnung auch zur Registrierung des Gütertransportes innerhalb von Fabrikanlagen und Flugzeugpisten ergeben.

5 Patentansprüche

1. Kraftsensoranordnung, insbesondere zur dynamischen Achslast-Geschwindigkeits-Achsabstands- und Gesamtgewichtsbestimmung von Fahrzeugen, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kraftsensor aus einem Hohlprofil (1) in die Fahrbahn verlegt ist, in dem eine Mehrzahl von Piezoelementen (4) eingebaut sind, die über die ganze Länge des Hohlprofils (1) eine konstante Kraftmess-Empfindlichkeit ergeben und derart aufgebaut ist, dass elektrische Serie-, Gruppen- oder Einzelschaltung der Piezoelemente (4) möglich ist, und dass es einfach verlegbare Module ergibt, die aus Verstärker-Sensor- und Abschlusseinheit aufgebaut sind.

2. Kraftsensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Hohlprofil (1) mit einer längsachsig (y-Achse) liegenden Aussparung (2) versehen ist, in welcher Piezoelemente (4) kraftschlüssig über krafteinleitende Partien (6, 7) so angeordnet sind, dass sie unter dauernder elastischer Vorspannung stehen.

3. Kraftsensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Hohlprofil (1) ein Rohr von kreisrundem Querschnitt ist in dem Piezoscheiben (3) zwischen Krafteinleitsegmenten (7) so eingebaut sind, dass sie unter dauernder elastischer Vorspannung stehen.

4. Kraftsensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Hohlprofil (1) ein 6-kant Rohr (1) ist, in dem Piezoscheiben (3) zwischen Krafteinleitsegmenten (7) so eingebaut sind, dass sie unter dauernder elastischer Vorspannung sind, wobei die Hohlprofile aus Metall oder Kunststoff bestehen können.

5. Kraftsensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Hohlprofil (1) aus einer krafteinleitenden Platte (30), einer Verankerungsplatte (31) und einem damit kraftschlüssig verbundenen zwischenliegenden Rohr (29) besteht.

6. Kraftsensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die verwendeten Hohlprofile in Richtung x-Achse unter mechanische Kompression setzbar sind, wodurch eine entsprechende elastische Öffnung (Δh) in der z-Achse erfolgt, womit der Einbau der Piezoelemente möglich wird.

7. Kraftsensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Krafteinleitungselemente (7) vom Hohlprofil (1) elektrisch isoliert sind.

8. Kraftsensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass sie aus einem Hohlprofilsensor, der aus mehreren Sensormodulen (12) besteht, einem Verstärkermodule (11), der entweder direkt oder über Wellschlauchkabel (10) verbunden ist und einem Endmodul (13) besteht, wobei die Einzelmodule durch steckbare Verbindungsstücke (14), Schweissflansche (15) oder Klebflansche (15) verbunden sind, wobei sowohl metallene oder Kunststoffflanschen (15) anwendbar

sind, die gegebenenfalls nach Montage mit Kunststoff füllbar sind.

9. Kraftsensoranordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlprofilsensor fertig verdrahtet in Sensormodullänge als Faltsystem verpackt und versandt wird, der an der Fahr-
bahnbaustelle geöffnet und verlegt werden kann, wobei eine gewisse Elastizität der Verbindungsstücke (14) bzw. Flansche (15) erwünscht ist, um den Sensor der Fahrbahnkrümmung anzupassen.

10. Kraftsensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Piezoelemente (4) mit Vorverstärkern (18) verbunden sind.

11. Kraftsensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die in einer Reihe angeordneten Piezoelemente (4) elektrisch parallel geschaltet sind und mit einem Ladungsverstärker (11) über einen Eingangsleiter verbunden sind.

12. Kraftsensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass Piezoelemente (4) gruppenweise zusammengefasst sind und die Messsignale der einzelnen Gruppen elektrisch getrennt abgeleitet und verarbeitet werden, wobei die einzelnen Gruppen mit oder ohne Vorverstärker (18) ausgerüstet sein können.

13. Kraftsensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Messsignale jedes einzelnen Piezoelementes (4) separat abgeleitet und verarbeitet werden, wobei die einzelnen Piezoelemente (4) mit oder ohne Vorverstärker (18) ausgerüstet sein können.

14. Montageverfahren für eine Kraftsensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektrisch leitende Metallfolie (5) mit den beidseitig aufgeklebten Piezoelementen (4) und mit Signalleitern (8) eine elastische Kette bildet, welche in das geöffnete Hohlprofil eingezogen wird, worauf die seitliche Verspannung desselben gelöst wird, womit auf der ganzen Hohlprofillänge alle Piezoelemente (4) elastisch verspannt sind, wodurch sämtliche Luftspalten aufgehoben sind und perfekte Linearität und Empfindlichkeit der Piezoelemente (4) gewährleistet ist.

15. Verwendung einer Kraftsensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13 zur Verkehrserfassung, dadurch gekennzeichnet, dass für die Verkehrserfassung auf der ganzen Fahrbahnbreite nur die Kraftsignale in Funktion der Zeit gemessen werden.

16. Verwendung einer Kraftsensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13 zur Verkehrsüberwachung, dadurch gekennzeichnet, dass die Signale beliebiger Abschnitte der Fahrbahnbreite separat ausgewertet werden, wodurch die Ortung der Fahrzeuge möglich wird und ein Strassenbelastungsdiagramm erstellt werden kann.

17. Kalibrierverfahren für eine Kraftsensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass mit Raddynamometern ausgerüstete Kalibriertrailer verwendet werden, wobei die Empfindlichkeit einzelner Strassensegmente in der Signalverarbeitungsanlage (19) justiert wird.

65

Fig. 1

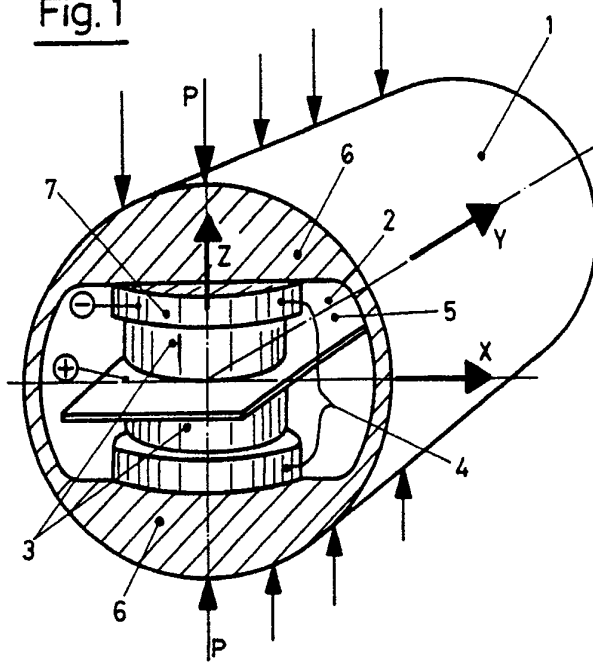


Fig. 2

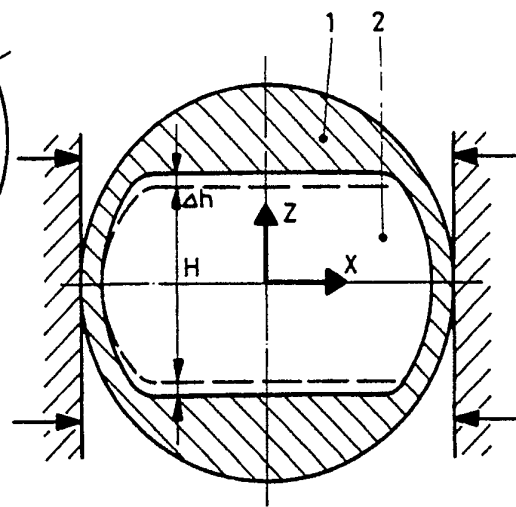


Fig. 3

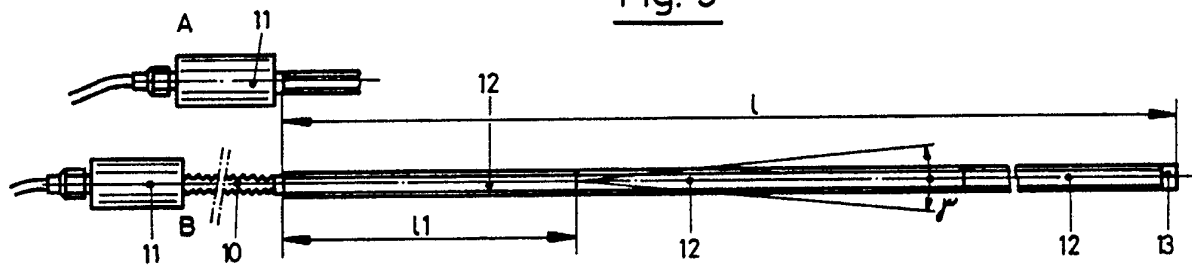


Fig. 4



Fig. 5

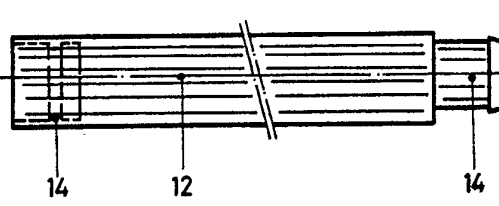


Fig. 6

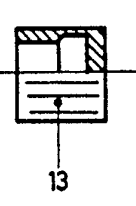


Fig. 7

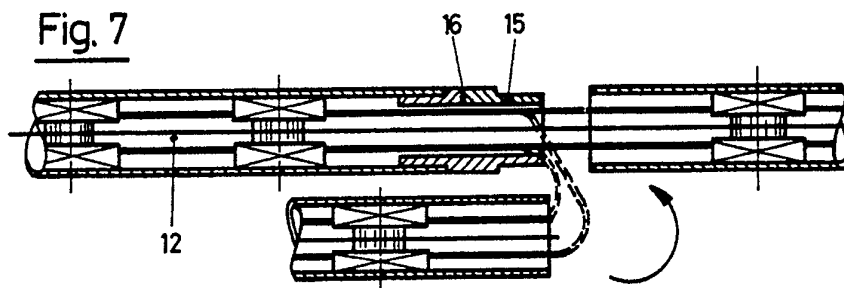


Fig. 8

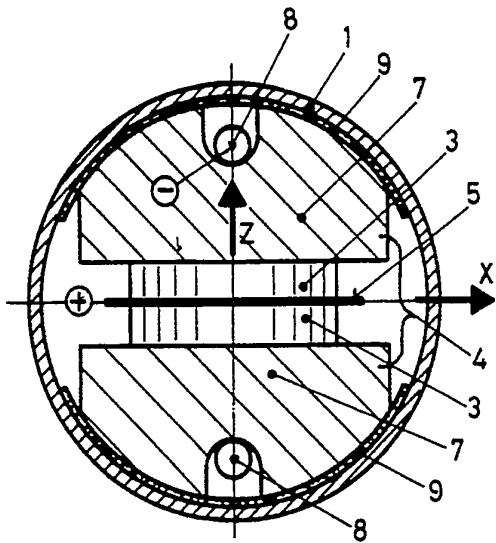


Fig. 9

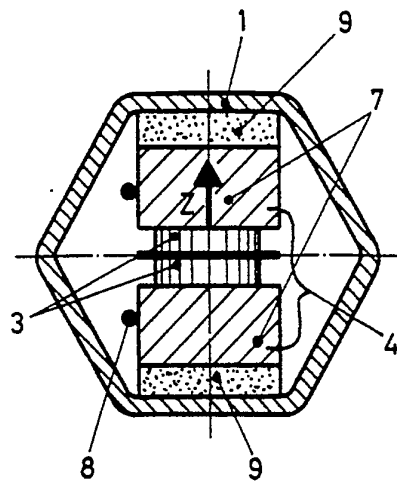


Fig. 10

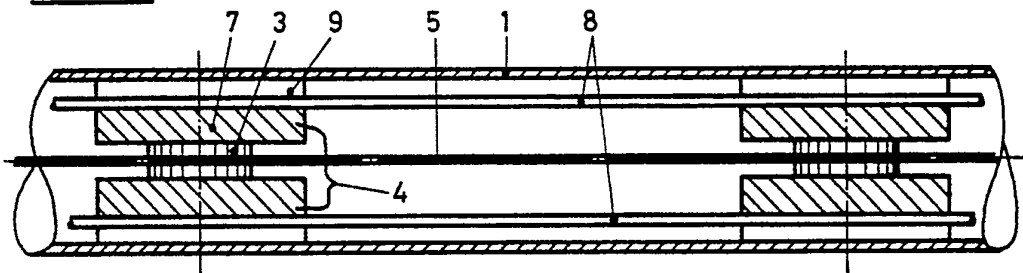


Fig. 11

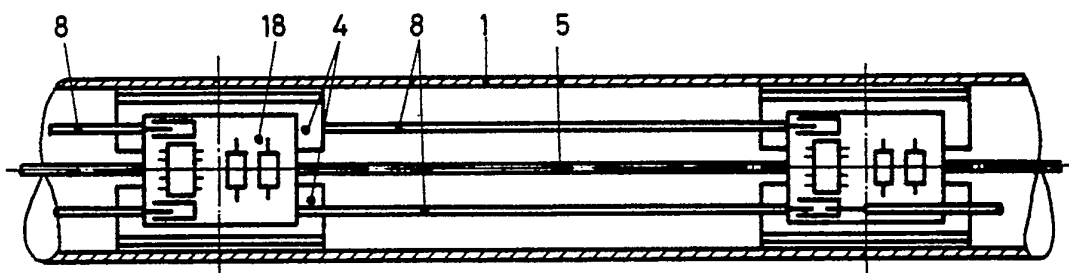


Fig. 12

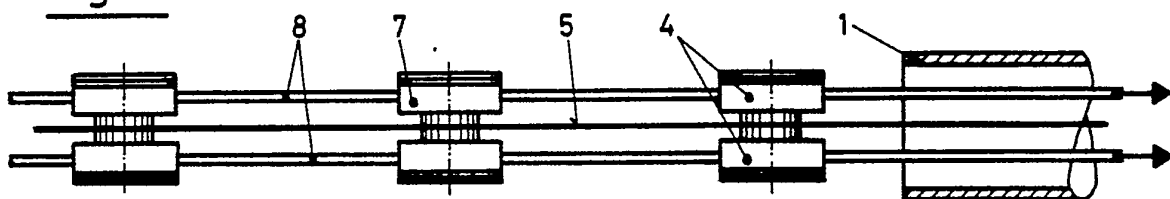


Fig. 13

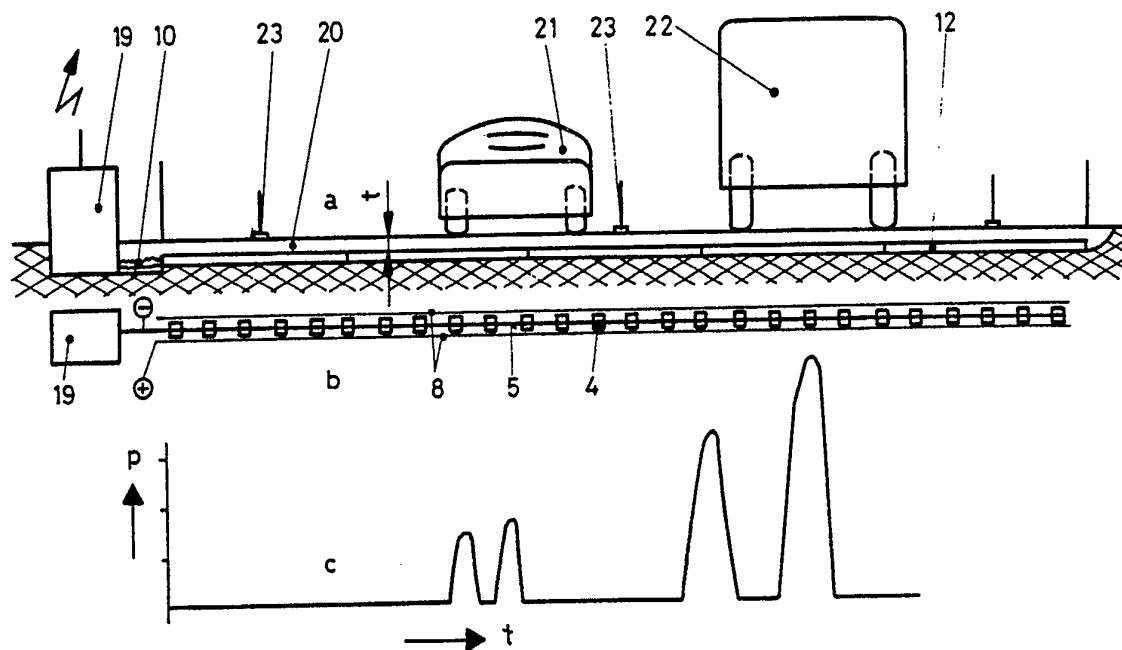


Fig. 14

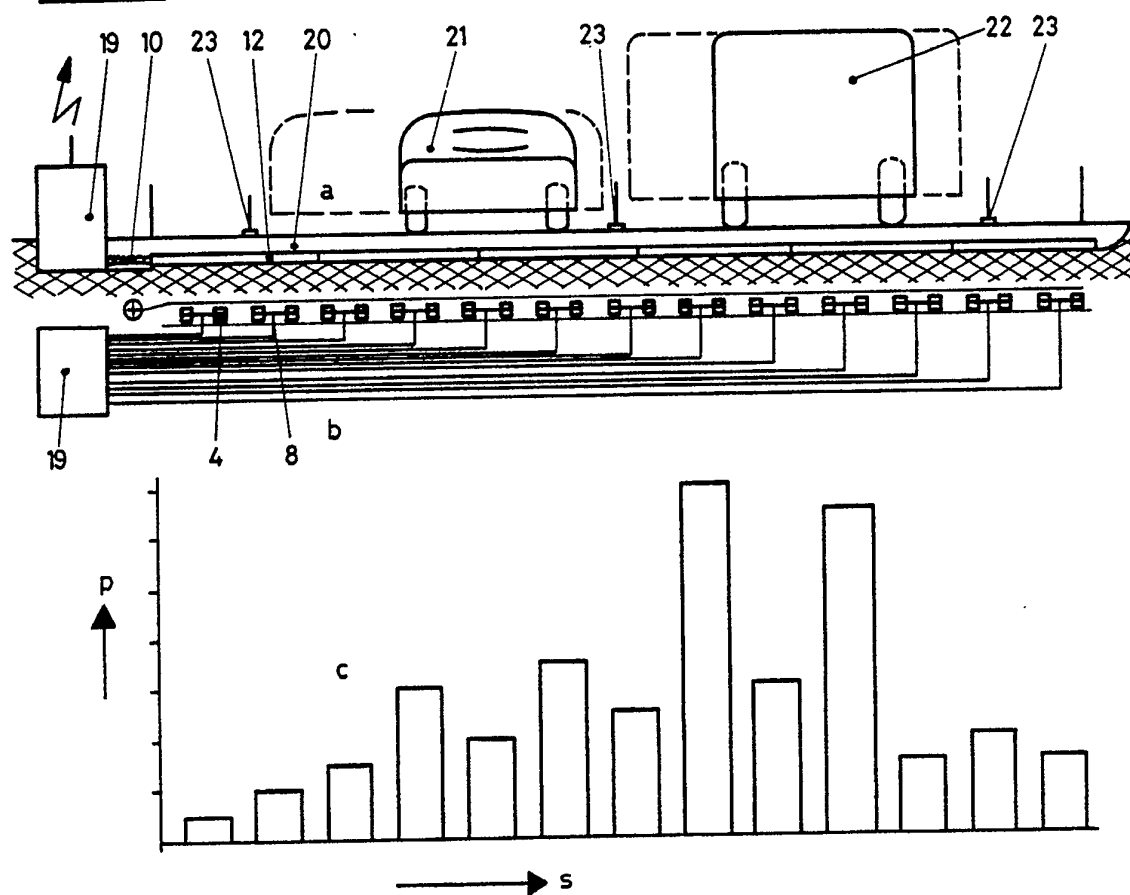


Fig. 15

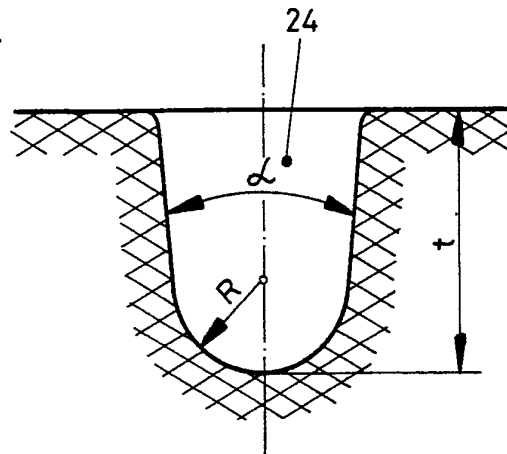


Fig. 16

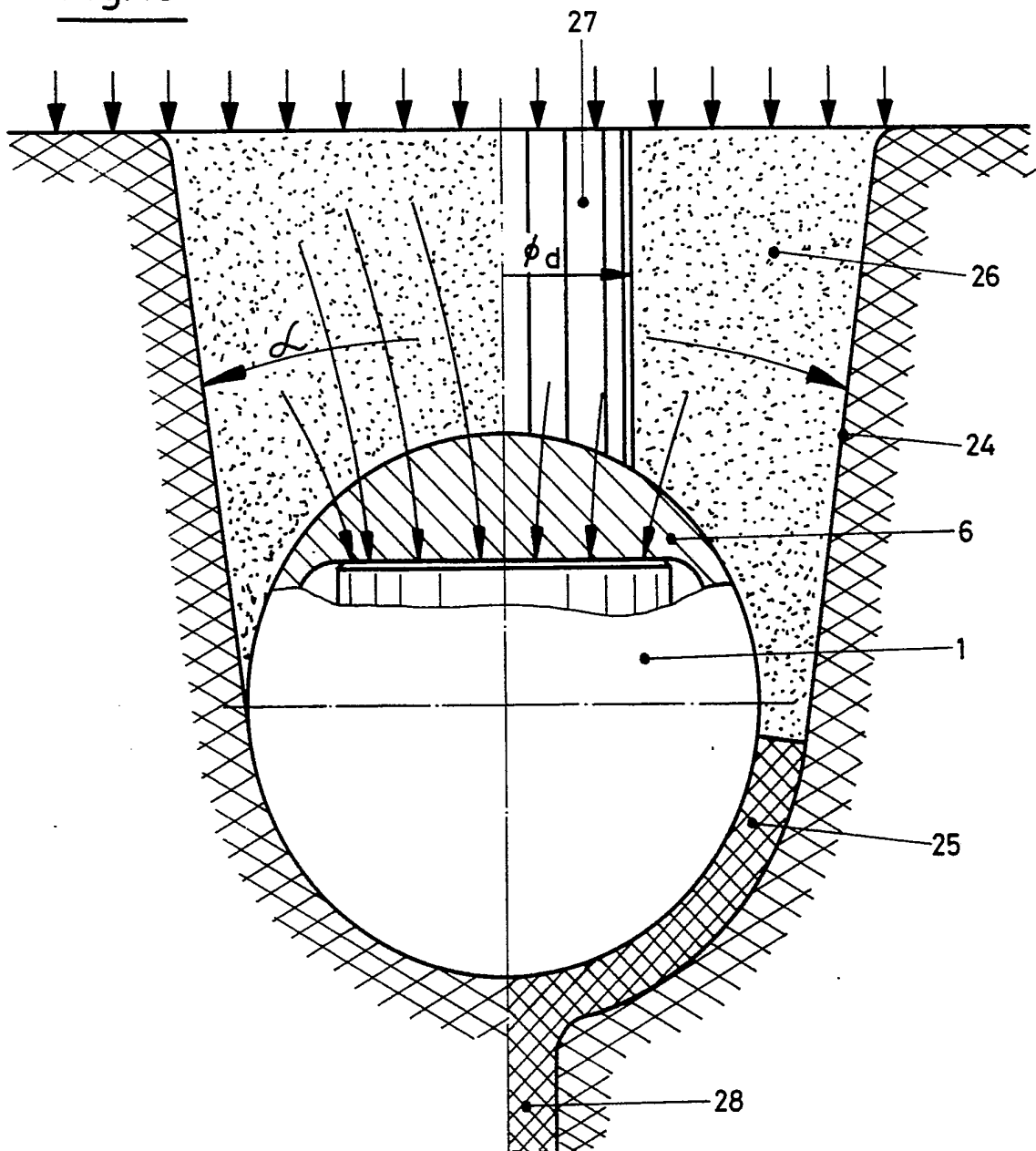


Fig. 17

