



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 25 280 T2** 2006.02.23

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 105 704 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 25 280.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB99/02736**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 940 361.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/11442**

(86) PCT-Anmeldetag: **20.08.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **02.03.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **13.06.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **11.05.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.02.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G01L 1/14** (2006.01)
G01L 17/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

9818254 **21.08.1998** **GB**

(73) Patentinhaber:

**Rollagauge Ltd., Princes Risborough,
Buckinghamshire, GB**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

**DENT, Alastair, Nigel, Oxford OX3 0DS, GB;
LEWIS, Wickham, Nigel, Princes Risborough,
Bucks HP27 0NB, GB**

(54) Bezeichnung: **GERÄT UND METHODE ZUR MESSUNG DES REIFENDRUCKES**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Bestimmen des Innendrucks eines Luftreifens, der am Rad eines Fahrzeugs befestigt ist. Sie betrifft ebenfalls ein Verfahren zum Messen eines solchen Drucks.

[0002] Fast alle Motorfahrzeuge, die heutzutage benutzt werden, verwenden Luftreifen, also Reifen, deren einwandfreies Funktionieren und Zuverlässigkeit von einem internen Gasdruck abhängen. Fahrzeug- und Reifenhersteller geben sich bei dem Design ihrer Produkte bedeutende Mühe, um eine optimale Leistung zu erreichen, und sind folglich bei der Angabe der Übereinstimmung zwischen dem Reifentyp und dem Fahrzeug und den Betriebsbedingungen des Reifens vorsichtig. Daher sollten Luftreifen bei geeigneten Drücken gewartet werden, um eine optimale Sicherheit, Komfort, Straßenverhalten, Kraftstoffsparsamkeit und Reifenlebensdauer zu erreichen.

[0003] Im alltäglichen Gebrauch variieren die Drücke in Reifen beträchtlich, was lediglich auf ein langsames Austreten zum Beispiel aufgrund von Durchlässigkeit über die Zeit oder Temperaturveränderungen, oder stattdessen auf ein schnelles Austreten zurückzuführen sein kann. Letzteres kann auf Fehler oder episodischen Druckverlust zurückgeführt werden, zum Beispiel aufgrund des Aufpralls, wenn über einen Bordstein gefahren wird. Aus all diesen Gründen werden häufige Überprüfungen des Innendrucks von Luftreifen von allen Behörden empfohlen.

[0004] Der alltägliche Vorgang der Reifendrucküberprüfung ist im Allgemeinen jedoch benutzerunfreundlich, da er erstens die Entfernung der Staubkappe und gelegentlich anderer Teile der Radzierblende erfordert, die gewöhnlich alle mit Straßenschmutz bedeckt sind, und zweitens die umständliche Handhabung eines Reifendruckmessers erfordert. Die unattraktive Beschaffenheit dieser Aufgaben schreckt oft vor einer regelmäßigen Überprüfung ab, mit den daraus folgenden Auswirkungen auf Kraftstoffsparsamkeit, Reifenlebensdauer und Fahrzeugsicherheit.

[0005] Die Europäische Patentanmeldung Nr. 0 545 641 A offenbart ein System zum Bestimmen des Drucks von Fahrzeugluftreifen unter Verwendung einer linearen Gruppe von Belastungssensoren, die angeordnet sind, um ein Muster von Kraftverteilungsdaten bereitzustellen, die von jedem Reifen angewendet werden, der mit dem Sensor in Kontakt steht, wobei entlang einer Linie über die Breite jedes Reifens Messungen vorgenommen werden. Ein Computer wird benutzt, um den Reifendruck anhand der Kraftverteilungsdaten zu bestimmen, wobei der Reifendruck durch ein Zerlegungsverfahren oder eine

Analysetechnik wie der Bestimmung des Pseudodrucks bestimmt wird und die Verwendung eines neutralen Netzwerks umfasst.

[0006] Die Europäische Patentanmeldung Nr. 0 656 269 A beschreibt ein System, das dem in der Europäischen Patentanmeldung Nr. 0 545 641 A offenbarten System ähnlich ist, jedoch eine zweidimensionale Gruppe von Belastungssensoren bereitstellt, die ein zweidimensionales (und kein eindimensionales) Muster der Kraftverteilung ergeben, die von dem Reifen ausgeübt wird. Dies wird entweder durch eine lineare Gruppe von Sensoren erreicht, die entlang einer Linie über die Breite des Reifens mit dem Reifen in Kontakt stehen, wenn der Reifen darüber rollt, oder durch eine zweidimensionale Gruppe von Sensoren, die mit dem Reifen in Kontakt stehen. Wieder umfasst die Analysetechnik die entnommenen Daten, die in ein neutrales Netzwerk gespeist werden.

[0007] Solche vorherigen Systeme umfassen die komplexe Verarbeitung vieler Daten, und es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren bereitzustellen, die in der Lage sind, den Innendruck schnell, leicht und auf viel einfachere Weise zu bestimmen, primär mit der Genauigkeit einer ersten Ordnung. Die vorliegende Erfindung zielt auch darauf ab, solch eine Messung mit der Genauigkeit einer ersten Ordnung zu ermöglichen, um weiter präzisiert zu werden und eine genauere Bestimmung des Innendrucks bereitzustellen.

[0008] Folglich wird gemäß eines ersten Aspekts der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung zum Bestimmen des Innendrucks eines Luftreifens bereitgestellt, der am Rad eines Fahrzeugs befestigt ist, wobei der Reifen mit einem Träger über einen Kontaktbereich in Kontakt steht, wobei die Vorrichtung umfasst:

- (i) Erfassungsmittel, die einen oder mehrere Sensoren innerhalb des Trägers umfassen, wobei jeder Sensor dafür ausgelegt ist, den mittleren Kontaktdruck über dem Sensor zwischen dem Reifen und dem Träger zu messen, und jeder einen Flächeninhalt aufweist, der kleiner ist als der Kontaktbereich; und
- (ii) Verarbeitungsmittel, die dafür ausgelegt sind, einen mittleren Kontaktdruck zwischen dem Reifen und dem Träger anhand von Ausgabesignalen nur eines Sensors oder von Sensoren zu bestimmen, die ganz in den Kontaktbereich fallen, um ein Maß für den Innendruck des Reifens mit der Genauigkeit einer ersten Ordnung bereitzustellen.

[0009] Wenn ein Reifen, hypothetisch betrachtet, aus einem Material bestehen würde, das eine perfekte Membran bildet, würde solch ein Reifen ein kreisförmiges Profil aufweisen, wenn er aufgepumpt, jedoch unbelastet ist. Wenn jedoch solch ein perfekter Reifen belastet wird, ist die Fläche des Reifens, die

mit seinem Träger (zum Beispiel der Straße) in Kontakt steht, typischerweise flach. Erhöhungen in der Gesamtbelastung auf solch einen Reifen auf einen ersten Grad an Genauigkeit führt lediglich zu einem größeren Kontaktbereich, das heißt, die Fläche, die mit dem Träger in Kontakt steht.

[0010] In der Praxis kann jedoch nicht vorausgesetzt werden, dass Reifen perfekt sind, sondern stattdessen Faktoren wie der Reifenkonstruktion, der Steifheit und dem Profiltyp unterliegen, die den Rand des Kontaktbereiches beeinflussen. Wenn solche Randeffekte ignoriert werden, verhält sich der Reifen mehr wie eine perfekte Membran, und folglich kann bei Ignorieren der Randeffekte erwartet werden, dass Erhöhungen in der Gesamtbelastung lediglich zu einem größeren Kontaktbereich führen.

[0011] Obwohl die Gesamtbelastung auf einen Reifen enger mit dem Kontaktbereich in Zusammenhang steht, kann durch Ignorieren der Randeffekte nicht gesagt werden, dass die Beziehung zwischen den zwei Parametern notwendigerweise linear ist, und von einer reinen Eins-zu-eins-Beziehung wird Abstand genommen.

[0012] In der Praxis kann die Beziehung durch eine Eichkurve, einen Algorithmus oder eine Datenbank von Standardwerten des Innendrucks für bekannte Werte des Kontaktdrucks durch Prüfen, welcher Kontaktdruck bei einem gegebenen Innendruck entsteht, und durch Wiederholen mit mehreren, unterschiedlichen Innendrücken präziser definiert werden. Sobald die Eichkurve, der Algorithmus oder die Datenbank durch wiederholte Prüfungen definiert worden ist, kann sie benutzt werden, um den Innendruck aus gegebenen Ablesewerten des Kontaktbereichs zu bestimmen, die Randeffekte ausschließen.

[0013] Typischerweise wird ein Reifenkontaktdruck (das heißt, der äußere Kontaktdruck zwischen dem Reifen und seinem Träger), in einer Ausführungsform der Erfindung über eine oder mehrere Reihen (oder einen Cluster) kleiner Sensoren erfasst, wenn das Fahrzeug über sie fährt. Die Größe dieser Sensoren wird klein genug gefertigt, so dass der Reifenkontaktbereich mindestens einen der Sensoren vollständig abdeckt. Ausgaben von anderen Sensoren, die nur teilweise von dem Reifen bedeckt sind, werden ausgeschlossen. Die Sensoren müssen jedoch auch groß oder zahlreich genug sein, um den Durchschnitt der lokalen Veränderungen des Kontaktdrucks zu ermitteln, zum Beispiel aufgrund des Profilmusters.

[0014] Die spezifischen Dimensionen der individuellen Sensoren werden derart ausgewählt, dass mehr als ein Sensor vollständig von dem Kontaktbereich zwischen einem Reifen und seinem Träger abgedeckt ist. Typischerweise wird die Signalverarbeitung der Ausgaben von den Sensoren derart angeordnet,

dass Randeffekte ignoriert werden, die von den Ausgaben derjenigen Sensoren dargestellt werden, die nur teilweise von dem Reifen bedeckt sind. Auf diese Weise wird eine bessere Schätzung des tatsächlichen Reifendrucks bestimmt als es der Fall wäre, wenn nur ein Sensor benutzt würde, oder wenn die Ausgaben aller Sensoren benutzt würden, egal, ob sie vollständig oder teilweise mit dem Reifen in Kontakt stehen.

[0015] Die Cluster der Sensoren dienen der Abfrage des mittleren Kontaktdrucks über dem Kontaktbereich zwischen einem Reifen und dem Träger, während sie die Ablesewerte in der Nähe der Kanten des Kontaktbereichs ignorieren und so eine zuverlässigere Ablesung des mittleren Drucks zwischen Träger und Reifen bereitstellen.

[0016] In der Praxis weist die Vorrichtung Cluster von Sensoren auf, die angeordnet sind, um Reifen an beiden lateralen Seiten eines Fahrzeugs abzulesen. Typischerweise werden die Ausgaben von den Clustern an beiden Seiten durch ein Verarbeitungsmittel gleichzeitig abgelesen, außer wenn das Fahrzeug zum Beispiel ein Motorrad ist.

[0017] Typischerweise werden die Ausgaben der relevanten Sensoren in kurzen Zeitabständen von dem Verarbeitungsmittel wiederholt abgelesen, zum Beispiel in Zeitabständen von einer hundertstel Sekunde.

[0018] Ein bedeutendes Merkmal der vorliegenden Erfindung ist, dass das System nicht die Messung der tatsächlichen Fläche selbst umfasst, über die der Reifen mit der Straße in Kontakt steht, sondern stattdessen eine Messung des Kontaktdrucks umfasst, da in der einfachsten Form der Erfindung die tatsächliche Fläche und somit die Gesamtreifenbelastung nicht von unmittelbarem Interesse ist.

[0019] Vorzugsweise nehmen die Sensoren Platten auf, wobei der Druck auf jeder Platte durch die Benutzung eines mechanischen Verformungs- und Dehnmessstreifens erfasst wird. Die Anordnung der Cluster der Sensoren und das präzise Verfahren zum Verarbeiten der Signale, die von jedem Sensor ausgegeben werden, sind derart, dass die individuellen Drücke von mehr als einem Reifen an der gleichen Seite einer Achse gleichzeitig zu jedem Zeitpunkt bestimmt werden können. Eine zweirädrige Anordnung ist bei gewerblichen Fahrzeugen üblich.

[0020] Wenn die Sensoren Platten aufnehmen, können die Platten starr sein und sind in einer Draufsicht typischerweise kreisförmig. Die Platten sind gewöhnlich so angeordnet, dass sie die Reifenbelastung im Wesentlichen senkrecht erhalten.

[0021] Mehrere Sensoren können verwendet wer-

den, und anstatt der bevorzugten Verwendung eines mechanischen Verformungs- und Dehnmessstreifens kann der Sensor auch aus Materialien gefertigt sein, die zum Beispiel piezoelektrisches Material, piezoresistives Material und druckempfindliche optische Faser aufweisen. Typischerweise stellt die Erfassungsfläche jedes Sensors ein glattes, flaches Oberflächenprofil ohne Unebenheiten bereit, und die Ablenkung der Erfassungsfläche jedes Sensors ist gering. Durch die Erfüllung solcher Kriterien kann sichergestellt werden, dass der Reifenkontaktbereich flach ist, wodurch der resultierende Druck auf den Kontaktbereich typisch ist.

[0022] Die oben beschriebene Vorrichtung stellt eine Schätzung mit der Genauigkeit einer ersten Ordnung des Innendrucks gemäß der Erfindung in ihrer einfachsten Form bereit; um jedoch die Ungenauigkeiten zu verringern, die durch die Kante, Steifheit und andere Randeffekte verursacht werden, kann die Gesamtgenauigkeit durch zusätzliche Verarbeitung der Ausgabe signale aus den Drucksensoren verbessert werden. Zu diesem Zweck wird in einer präziseren Version der Erfindung bevorzugt, dass nicht nur der mittlere Druck zwischen Reifen und Straße wie oben beschrieben berechnet wird, sondern auch Variablen wie die Fahrzeugspur (das heißt, die Entfernung zwischen den Rädern auf der gleichen Achse), die Anzahl der Fahrzeugachsen und die Anzahl der Räder berechnet werden, die alle aus den gleichen Sensorablesewerten hergeleitet werden. Diese letzteren Variablen werden dann von dem Verarbeitungsmittel benutzt, um Korrekturfaktoren auszuwählen, die verwendet werden, um den bestimmten Wert des mittleren Kontaktdrucks zu modifizieren. Optional kann die Liste der Variablen, die auf diese Weise benutzt werden, erweitert werden, um zum Beispiel den Fahrzeugradstand (das heißt, die Achsentrennung), die Gesamtbelastung auf jedes Rad und die Kontaktbereichsbreite und -länge (periphere Ablesewerte ausgenommen) zu umfassen. Werte für jede dieser Variablen werden von dem Verarbeitungsmittel durch Entnahme der Ausgaben nur von denjenigen Sensoren berechnet (siehe unten), die ganz in den Kontaktbereich fallen, und nicht von allen Sensoren, die über die gesamte Breite des Reifens in Kontakt stehen. Auf diese Weise werden, wie bei der Messung des Innendrucks mit der Genauigkeit einer ersten Ordnung, Randkontakteffekte vermieden, wenn der Innendruck auf diese Weise mit einem höheren Genauigkeitsgrad berechnet wird.

[0023] Durch Messen solcher Variablen kann das Verarbeitungsmittel der Vorrichtung Korrekturen in seine Berechnung des Innendrucks durch Aufnahme geeigneter Algorithmen oder Eichkurven bilden, die tatsächliche Messvariablen mit Werten von Standardvariablen vergleichen, die sich in einer Referenzdatenbank befinden und zum Beispiel von Standarddatentabellen eingegeben werden. Typischerweise

können solche Korrekturfaktoren in eine Datenbank eingegeben werden, auf die das Verarbeitungsmittel der Vorrichtung zugreifen kann. Die Eingabe kann durch Ausführen einer Testreihe an der Vorrichtung über einen Standardbereich von Bedingungen erreicht werden, das heißt, durch Verwenden eines Bereichs von Fahrzeugen, Fahrzeugbelastungen und Innendrücken, so dass die Vorrichtung ihren Datenbank-, 'Speicher' von Standardwerten bilden und danach benutzt werden kann, um eine genauere Schätzung der Innendrücke unter spezifischen Fahrzeugbedingungen wie erfordert bereitzustellen.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Vorrichtung dafür ausgelegt, die Effekte der Reifentemperaturveränderung durch Benutzen von Mitteln zu kompensieren, die in der Vorrichtung zur Erfassung der Reifentemperatur enthalten sind. Solch eine Kompensation ist wünschenswert, da eine Temperaturveränderung den Innendruck bedeutend verändern kann. Die Temperatur kann durch herkömmliche Infrarotmittel oder andere Mittel gemessen und als eine weitere Eingabe zu der Auswahl von Korrekturfaktoren benutzt werden, die vorher in der Datenbank der Vorrichtung gebildet werden und von dem Verarbeitungsmittel benutzt werden, um eine genaue Abschätzung des Innendrucks zu berechnen.

[0025] In einer anderen bevorzugten Ausführungsform werden zwei oder mehr Cluster von Sensoren bereitgestellt, um den Reifendruck für Reifen auf Rädern zu messen, die sich an gegenüberliegenden Seiten eines Fahrzeugs befinden, wobei die Cluster in Längsrichtung versetzt sind und ermöglichen, zwei oder mehr Geschwindigkeitsberechnungen abzuleiten, die zeitlich getrennt sind. Der Vergleich solcher Geschwindigkeiten ermöglicht eine bessere Erkennung jeglicher Beschleunigung oder Verlangsamung des Fahrzeugs, was die Schätzungen bezüglich des Radstands beeinflusst. Wenn eine unzulässige Beschleunigung oder Verlangsamung erfasst wird, kann ein wiederholter Testlauf bei einer konstanteren Geschwindigkeit angefordert werden, um sicherzustellen, dass der Radstand genau genug eingeschätzt wird.

[0026] Bezüglich einer weiteren bevorzugten Variante können die individuellen Sensoren innerhalb eines Clusters zufällig (oder quasi-zufällig) verteilt werden, um Fehlerrisiken zu minimieren, die aus jeglicher Korrespondenz des Profilmusters mit dem Muster der Sensoren entstehen.

[0027] Gemäß eines zweiten Aspekts stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Bestimmen des Innendrucks eines Luftreifens bereit, der am Rad eines Fahrzeugs befestigt ist, wobei der Reifen mit einem Träger über einem Kontaktbereich in Kontakt steht, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- (i) Messen des mittleren Kontaktdrucks über jedem Sensor zwischen dem Reifen und dem Träger, wobei jeder Sensor einen Flächeninhalt aufweist, der kleiner ist als der Kontaktbereich; und
- (ii) Verarbeiten von Ausgangssignalen nur eines Sensors oder von Sensoren, die ganz in den Kontaktbereich fallen, um einen mittleren Kontaktdruck zu bestimmen und so ein Maß für den Innendruck des Reifens mit der Genauigkeit einer ersten Ordnung bereitzustellen.

[0028] Andere, optionale Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus den beigefügten, abhängigen Ansprüchen ersichtlich.

[0029] Die vorliegende Erfindung wird nun detaillierter mit Bezug auf die folgenden, nicht einschränkenden Beispiele beschrieben, wie in den Figuren veranschaulicht ist, in denen:

[0030] [Fig. 1](#) einen Reifen eines belasteten Fahrzeugs darstellt, wobei der Reifen für einen Augenblick über einem Sensor einer Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung positioniert wird;

[0031] [Fig. 2](#) zwei Cluster von Sensoren veranschaulicht, die nicht versetzt sind, zum Messen des Innendrucks eines Fahrzeugreifens gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0032] [Fig. 3](#) zwei der Länge nach versetzte Cluster von Sensoren zum genaueren Messen des Innendrucks darstellt, durch Sicherstellen, dass der Innendruck nur berechnet wird, wenn die Geschwindigkeit im Wesentlichen konstant ist, was eine genauere Schätzung des Radstandes und somit des Innendrucks ermöglicht, gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0033] [Fig. 4](#) zwei Cluster von Sensoren darstellt, wobei jeder Cluster angeordnet ist, um die Anwesenheit eines Reifens über eine größere Länge des Reifenumfangs zu erfassen, gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0034] [Fig. 5](#) eine zufällige oder quasi-zufällige Verteilung von Sensoren veranschaulicht, die einen Cluster zur Verwendung in einer Vorrichtung oder einem Verfahren gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bilden;

[0035] [Fig. 6](#) eine schematische Darstellung der Verarbeitungsschritte ist, die in einer Ausführungsform durch das Verarbeitungsmittel der Vorrichtung und des Verfahrens der vorliegenden Erfindung ausgeführt werden.

[0036] In [Fig. 1](#) wird ein Reifendrucksensor (3) dargestellt, der auf einer Straße derart angeordnet ist,

dass die obere Fläche des Sensors mit der Straßenoberfläche (4) bündig ist. Die Dimensionen des Sensors (3) sind ein geeigneter Abschnitt der Größe eines Reifenkontaktbereichs (2) eines Reifens (1). Auf diese Weise ist der Sensor (3) weder so klein, um durch lokale Veränderungen bezüglich der Reifensteifheit und so fort beeinflusst zu werden, noch ist er so groß, dass die Erfassungsfläche immer einige der Ränder des Reifenkontaktbereichs (2) umfasst, in denen Kontaktdrücke wahrscheinlich nicht typisch sind.

[0037] Die Sensoranordnung ist aus einem Gehäuse zusammengesetzt, das eine steife Platte aufnimmt, die typischerweise aus Metall oder einem anderen Material hergestellt ist. Unter der Platte befindet sich ein Belastungs- oder Druck-Erfassungsmittel, das ein mechanischer Verformungs- oder Dehnmessstreifen oder ein Teil aus piezoelektrischem oder piezoresistivem Material sein kann. Das Druckerfassungsmittel ist mit einer geeigneten Datenverarbeitungselektronik verbunden, um ein Ablesen des Drucks bereitzustellen, der auf die obere Fläche der Platte ausgeübt wird. Eine flexible Abdeckung schützt die Anordnung vor Wasser- und Schmutzeindringen und vor mechanischer Beschädigung. Die Platte weist Dimensionen auf, die derart gewählt sind, dass die erfasste Fläche geringer ist als der Kontaktbereich des Reifens mit der Straße. Typischerweise kann die Platte einen Durchmesser zwischen 40 und 50 mm aufweisen. Obwohl die Platten typischerweise kreisförmig sind, können sie eine andere Form aufweisen und somit zum Beispiel rechteckig sein.

[0038] Der Kontaktbereich misst typischerweise 200 mm × 400 mm und ist gewöhnlich rechteckig mit annähernd abgerundeten Ecken, das heißt, mit annähernd ovalen Enden. Jeder Sensor weist einen Flächeninhalt zwischen 0,1 und 25% des Kontaktbereichs auf, vorzugsweise zwischen 1 und 10%, insbesondere bevorzugt zwischen 3 und 8%, zum Beispiel 5% des Kontaktbereichs.

[0039] Eine Reihe solcher Platten (6), die in einem engen Abstand voneinander entfernt sind, stellen folglich sicher, dass mindestens eine der Platten (6) komplett innerhalb des Reifenkontaktbereichs liegt, wodurch Randeffekte vermieden werden und so eine zuverlässige Messung des mittleren Drucks zwischen Reifen und Straße bereitgestellt wird. Wie oben erklärt, wird die letzte Messung mit dem Reifenninnendruck mit der Genauigkeit einer ersten Ordnung in Beziehung gesetzt. Jeder Sensor (3) wird unabhängig durch einen Anschlussdraht (9) an die Datenverarbeitungselektronik (nicht dargestellt) angeschlossen, die erkennt, welche Platten (9) durch das Passieren des Reifens belastet worden sind, und um den mittleren Druck zwischen Reifen und Straße aus der geeignetsten Platte oder den geeignetsten Plat-

ten (6) herzuleiten.

[0040] Das Verarbeitungsmittel kann auf mehrere Art und Weisen zwischen den Ausgaben derjenigen Sensoren differenzieren, die nur teilweise von einem Reifen bedeckt sind, und denen, die vollständig bedeckt sind. Ein einfaches Verfahren ist ein topografisches Verfahren, in dem für eine eng gepackte Reihe von Sensoren, die über die gesamte Reifenbreite verlaufen, die zwei Sensorablesewerte, die nicht Null sind, an den zwei äußeren Enden der Reihe ignoriert werden. Das Verarbeitungsmittel einer Ausführungsform der Vorrichtung berechnet unter Verwendung dieses einfachen, topografischen Verfahrens den mittleren Innendruck durch eine Reihe von Verarbeitungsschritten, die in dem schematischen Algorithmus aus [Fig. 6](#) dargestellt sind, für den vereinfachten, topografischen Ansatz.

[0041] Eine bevorzugtere Anordnung ist, zum Beispiel drei Reihen von eng gepackten, kreisförmigen Sensoren in einer etwa hexagonalen Anordnung aufzuweisen, in der jede Reihe bezüglich der Reihe dahinter seitlich um eine Drittel des Sensorabstands versetzt ist. Solch eine Anordnung macht es durch Aufzeichnung derjenigen Sensoren, die nicht Null sind, möglich, die Position der Kante der Kontaktstelle mit einer Genauigkeit von einem Drittel des Sensorabstands zu positionieren. Dies ermöglicht die Aufnahme zum Beispiel eines Sensors, der voll belastet ist, sich jedoch am Ende seiner Reihe befindet und deshalb ansonsten zurückgewiesen worden wäre. Solche eine hexagonale Sensoranordnung ist schematisch in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) veranschaulicht.

[0042] Wenn das Muster der Sensoren nicht symmetrisch ist, berechnet das Verarbeitungsmittel alternativ den zentralsten Punkt innerhalb der Fläche, die von den Sensoren bedeckt ist, die eine Ausgabe von nicht Null ergeben. Diese Berechnungsart ermöglicht, dass der Abstand und die Richtung jedes Sensors, dessen Ablesewert nicht Null ist, gemessen und die Ausgabe des entferntesten dieser Sensoren in jede Richtung ignoriert wird.

[0043] Ein dritter, jedoch weniger bevorzugter Ansatz umfasst die Berechnung des mittleren Drucks auf allen Sensoren, deren Ablesewert nicht Null ist, mit nachfolgender Auswahl, so dass die Ausgaben aller individuellen Sensoren mit einem Ablesewert, der geringer ist als dieser Mittelwert, ignoriert werden. Obwohl dies ein einfacher und leicht durchführbarer Ansatz ist, wird er weniger bevorzugt, da, wenn ein Stein in dem Reifenprofil hängen bleibt, alle niedrigen Druckablesewerte unmittelbar um den Kontaktbereich mit dem Stein beseitigt würden, wodurch eine ungenaue Gesamtmessung bereitgestellt wird.

[0044] Wenn ein mechanischer Verformungs- und Dehnmessstreifen als Erfassungsmittel verwendet

wird, ist die Benutzung von einer oder mehreren Platten (6) mit festgelegter Fläche erforderlich, damit die Belastung, die von der Vorrichtung erfasst wird, aus dieser festgelegten Fläche berechnet werden kann. Im Gegensatz dazu macht die Benutzung von piezoelektrischen oder piezoresistiven Erfassungsvorrichtungen solche Platten (6) optional, da solche Vorrichtungen durch ihre Beschaffenheit Signale erzeugen können, die den Druck und nicht die Belastung widerspiegeln.

[0045] Die oben beschriebene Vorrichtung und das oben beschriebene Verfahren ermöglichen die Messung des Innendrucks mit der Genauigkeit einer ersten Ordnung. Um die Genauigkeit zu verbessern, können in einer präziseren Version der Erfindung jedoch Variablen wie die Fahrzeugspur und der Radstand gemessen werden und diese Information benutzt werden, um die Abweichungen zwischen dem tatsächlich gemessenen Reifen-/Straßendruck und den Standardmessungen des Reifeninnendrucks zu kompensieren, der vorher in eine Datenbank eingegeben wurde, auf die das Verarbeitungsmittel als eine ‚Nachschlag‘-Tabelle von Korrekturfaktoren zugreifen kann.

[0046] Dementsprechend können die folgenden Parameter zum Beispiel in das zugehörige Datenbanksystem eingegeben werden:

Fahrzeugspur,
Fahrzeugradstand,
Anzahl der Fahrzeugachsen oder Gesamtanzahl der Reifen,
Gesamtbelastung auf jeden Reifen, die nur von denjenigen Sensoren geschätzt wird, die ganz in die Kontaktstelle fallen
Breite des Kontaktbereichs, die nur von denjenigen Sensoren geschätzt wird, die ganz in die Kontaktfläche fallen, und
Länge der Kontaktfläche, die nur von denjenigen Sensoren geschätzt wird, die ganz in die Kontaktfläche fallen.

[0047] Die Fahrzeugspur, oder der Abstand zwischen den zwei Rädern auf der gleichen Achse, kann durch Bezug auf die Position des zentralen Punktes des voll belasteten Sensors an jeder Seite der Vorrichtung und durch Berechnen des Abstands dazwischen gemessen werden.

[0048] Die Messung des Achsenabstands und des Radstands kann durch Messen des Zeitintervalls zwischen der Ankunft aufeinander folgender Räder an einem spezifischen Sensor oder Sensorreihe („Betriebszeiten“) und durch Schätzen der Geschwindigkeit der Durchfahrt des Fahrzeugs über das Erfassungsgerät erreicht werden. Schätzungen dieser Geschwindigkeit können durch Messen der Zeitintervalle zwischen der Ankunft eines spezifischen Reifens an einer aufeinander folgenden Reihe von Sensoren

gemacht werden, da die Entfernung zwischen diesen Reihen bekannt ist. Das Ganze kann für die Zeiten wiederholt werden, wenn der Reifen die Sensoren verlässt („Ruhezeiten“), um eine größere Datenprobe bereitzustellen.

[0049] Es ist ein bevorzugter Ansatz, diese Betriebszeiten und Ruhezeiten an jedem kontaktierten (oder voll kontaktierten) Sensor zu verzeichnen, daraus die Geschwindigkeit und somit die Achsenabstände aus den Signalen jedes Sensors oder jeder Sensorreihe zu folgern und dann den Mittelwert aus den Ergebnissen zu ermitteln. Auf diese Weise werden die besten Schätzungen des Achsenabstands erreicht.

[0050] Die Genauigkeit solcher Schätzungen kann durch Versetzen in Längsrichtung von zwei Clustern von Sensoren (3) weiter verbessert werden, wie in **Fig. 3** dargestellt ist, so dass ein Rad an einer Seite einer Achse auf seinen jeweiligen Cluster (7) von Sensoren (3) zu einem anderen Zeitpunkt auftritt als zu dem Zeitpunkt, an dem das Rad an der anderen Seite auf den zweiten Cluster (8) von Sensoren (3) auftritt. Das Versetzen auf diese Weise ermöglicht eine zuverlässigere Geschwindigkeitsschätzung, da es wahrscheinlicher ist, eine bedeutende Beschleunigung/Abbremsung zu identifizieren, in welchem Fall ein Wiederholungslauf bei einer konstanteren Geschwindigkeit angefordert werden kann.

[0051] Die Anzahl der vorhandenen Fahrzeugachsen kann aus der Anzahl der Wiederholungsmuster bei jeder Reihe von Sensoren hergeleitet werden. Auf ähnliche Weise kann die Anzahl der Reifen auf jeder Achse aus der Musterverteilung über alle Sensoren zusammen berechnet werden. Die Gesamtbelastung auf jedes Rad kann durch Multiplizieren des mittleren Kontaktdrucks mit der geschätzten Kontaktstellengröße geschätzt werden, die nur aus denjenigen Sensoren abgeschätzt wird, die durch jeden Reifen ganz abgedeckt sind.

[0052] Die Kontaktpfadlänge, die nur aus Ausgaben von voll belasteten Sensoren abgeschätzt wird, kann durch Messen der Betriebszeit und der Ruhezeit für den (die) gleichen Sensor(en) geschätzt werden, um ein Zeitintervall für den Kontaktzeitraum bereitzustellen. Wenn die Geschwindigkeit des Fahrzeugs (aufgrund Schätzung, siehe oben) und dieser Zeitintervall bekannt sind, kann die Länge der Kontaktstelle leicht bestimmt werden.

[0053] In einer bevorzugten Anordnung wird ins Auge gefasst, dass sich die Cluster von Sensoren etwas in eine Längsrichtung erstrecken, das heißt, in die Richtung der Bewegung des Rades, so dass eine bedeutende Länge des Reifenumfangs abgefragt wird, wenn das Fahrzeug über die Anordnung fährt. Wenn sich das Fahrzeug bewegt, ist eine Anord-

nungslänge von etwa zwei Fuß (0,6 Meter) für einen Gesamtreifenumfang von etwa sechs Fuß (1,8 Meter) geeignet. Solch eine Anordnung ist in **Fig. 4** dargestellt, in der Cluster (10, 11) von Sensoren mit einer erhöhten Dimension (12) in Richtung des Reifenumfangs angeordnet sind.

[0054] Die Anordnungen dienen folglich der Abfrage des mittleren Kontaktdrucks über eine ausgedehnte Länge des Reifenumfangs und ignorieren Ablesungen in der Nähe der Kanten des Kontaktbereichs, so dass eine zuverlässigere, mittlere Druckmessung bereitgestellt wird.

[0055] **Fig. 5** veranschaulicht einen Cluster von Sensoren (3), in dem die Sensoren (3) in einer zufälligen oder quasi-zufälligen Weise verteilt sind. Diese Anordnungsart minimiert das Fehlerrisiko, das sich aus einer exakten oder relativ exakten Korrespondenz der Profilmustermerkmale mit den Merkmalen des Sensormusters ergibt. Solch eine zufällige oder quasi-zufällige Anordnung kann in jeder der oben beschriebenen Ausführungsformen benutzt werden.

[0056] Die vorliegende Erfindung stellt eine schnelle und einfache Art und Weise zum Bereitstellen einer Messung eines Reifeninnendrucks bereit, mit mindestens der Genauigkeit einer ersten Ordnung, was folglich den Fahrern eines Fahrzeugs ermöglicht, den Reifendruck in häufigen Zeitabständen und ohne Schwierigkeiten zu überprüfen, wodurch die Reifenabnutzung verringert und die Fahrzeugsicherheit und Kraftstoffsparsamkeit erhöht wird. Ferner kann der Innendruck eines großen Bereichs von Fahrzeugtypen mit Luftreifen durch die Vorrichtung und das Verfahren der vorliegenden Erfindung überprüft oder überwacht werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bestimmen des Innendrucks eines Luftreifens (1), der am Rad eines Fahrzeugs befestigt ist, wobei der Reifen mit einem Träger (4) über einen Kontaktbereich (2) in Kontakt steht, wobei die Vorrichtung folgendes umfaßt:

- (i) Erfassungsmittel, die einen oder mehrere Sensoren (3) innerhalb des Trägers (4) umfassen, wobei jeder Sensor (3) dafür ausgelegt ist, den mittleren Kontaktdruck über dem Sensor (3) zwischen dem Reifen (1) und dem Träger (4) zu messen, und jeder einen Flächeninhalt aufweist, der kleiner ist als der Kontaktbereich (2); und
- (ii) Verarbeitungsmittel, die dafür ausgelegt sind, einen mittleren Kontaktdruck zwischen dem Reifen (1) und dem Träger (4) anhand einer Ausgabe nur eines Sensors oder von Sensoren (3) zu bestimmen, die ganz in den Kontaktbereich (2) fallen, um ein Maß für den Innendruck des Reifens (1) mit der Genauigkeit einer ersten Ordnung bereitzustellen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Verarbeitungsmittel dafür ausgelegt ist, einen Korrekturfaktor in die Bestimmung aufzunehmen, wobei der Korrekturfaktor von einer Datenbank von Werten von Standardinnendrücken für bekannte Werten von Kontaktdrücken zugewiesen wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Sensoren (3) Platten umfassen, die mit einer Straßenoberfläche bündig sind.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jeder Sensor dafür ausgelegt ist, Kontaktdruck im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche des Trägers zu erfassen.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Erfassungsmittel der Sensoren (3) einen beliebigen einzelnen oder mehrere der folgenden umfassen: einen mechanischen Verformungs- und Dehnmeßstreifen, piezoelektrisches Material, piezoresistives Material und druckempfindliche optische Faser.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Sensoren (3) in zwei oder mehr Clustern angeordnet sind, die bezüglich der Längsachse des Fahrzeugs zueinander versetzt sind.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der/die Sensoren (3) zufällig oder quasi-zufällig in Clustern angeordnet sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jeder Sensor (3) einen Erfassungsflächeninhalt zwischen 5 und 25 cm², bevorzugt zwischen 12 und 18 cm², aufweist.

9. Verfahren zum Bestimmen des Innendrucks eines Luftreifens (1), der am Rad eines Fahrzeugs befestigt ist, wobei der Reifen (1) mit einem Träger über einen Kontaktbereich in Kontakt steht, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfaßt:

- (i) Messen des mittleren Kontaktdrucks über jedem Sensor (3) zwischen dem Reifen (1) und dem Träger, wobei jeder Sensor (3) einen Flächeninhalt aufweist, der kleiner ist als der Kontaktbereich; und
- (ii) Verarbeiten von Ausgangssignalen nur eines Sensors oder von Sensoren (3), die ganz in den Kontaktbereich fallen, um einen mittleren Kontaktdruck zu bestimmen und so ein Maß für den Innendruck des Reifens (1) mit der Genauigkeit einer ersten Ordnung bereitzustellen.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der Verarbeitungsschritt das Aufnehmen eines Korrekturfaktors in den bestimmten mittleren Kontaktdruck umfaßt, wobei der Korrekturfaktor von einer Datenbank von Werten von Standardinnendrücken für bekannte Werte des Kontaktdrucks ausgewählt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Innendruck weiter mit einem größeren Grad an Genauigkeit neu berechnet wird, indem ein weiterer Korrekturfaktor aufgenommen wird, der während der Verarbeitung aus einer Datenbank weiterer Korrekturfaktoren für bekannte Fahrzeugarten ausgewählt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der Verarbeitungsschritt das Auswählen des entsprechenden weiteren Korrekturfaktors durch Vergleichen von Messungen eines tatsächlichen Fahrzeugs mit bekannten Messungen für einen großen Bereich von bekannten Fahrzeugen umfaßt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Messungen eine oder mehrere der folgenden beinhalten: Fahrzeugspur, Fahrzeuggradstand, Anzahl der Fahrzeugachsen, Anzahl der Fahrzeugreifen und Gesamtbelastung auf jedem Reifen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

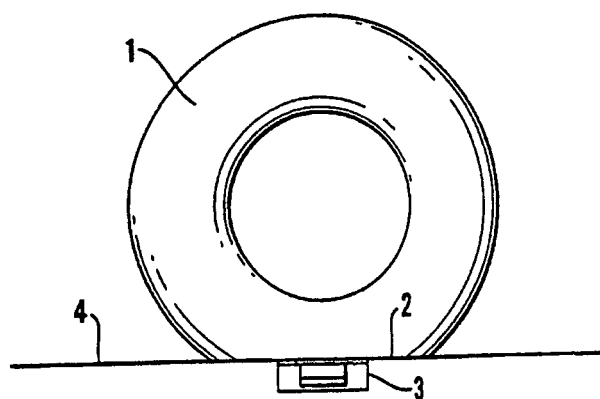


Fig. 1

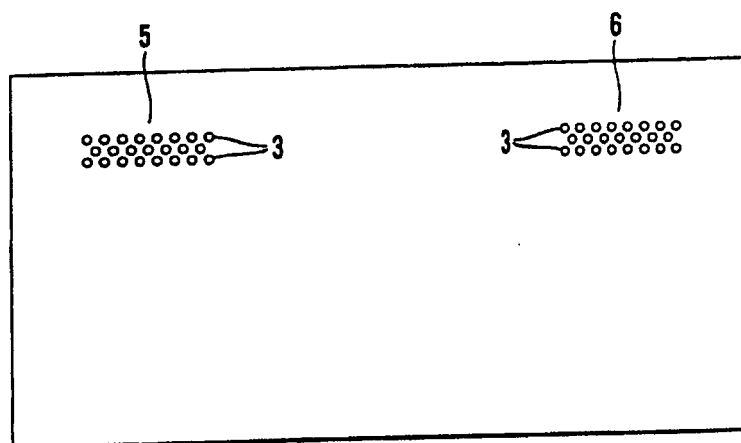


Fig. 2

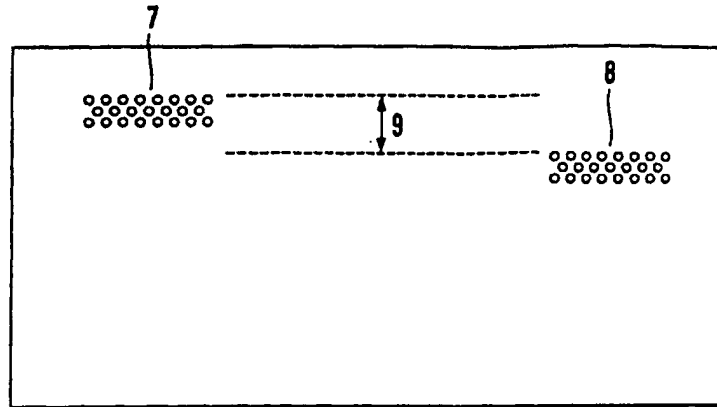


Fig. 3

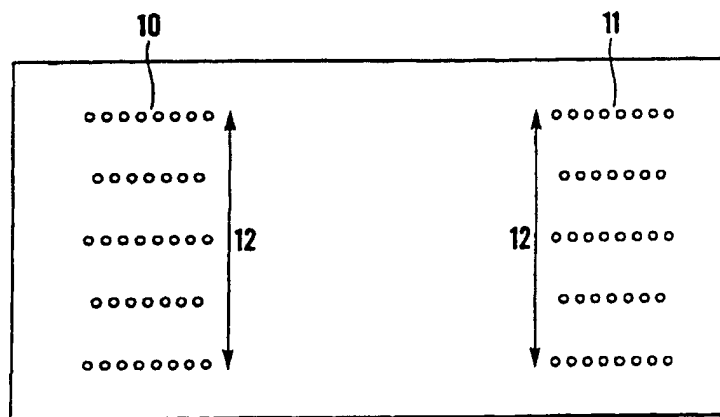


Fig. 4

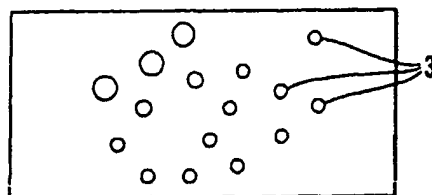


Fig. 5

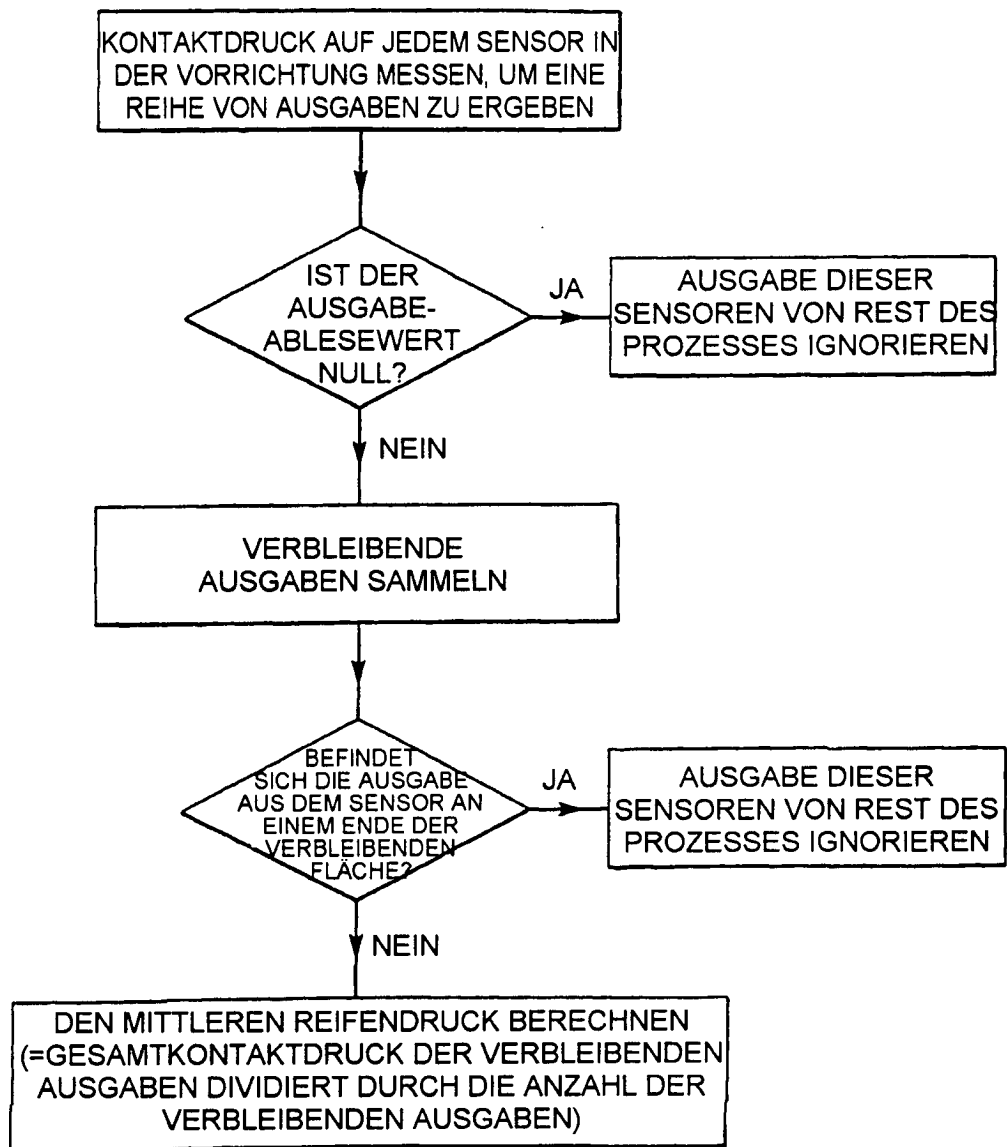


Fig.6