

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
9. August 2001 (09.08.2001)

PCT

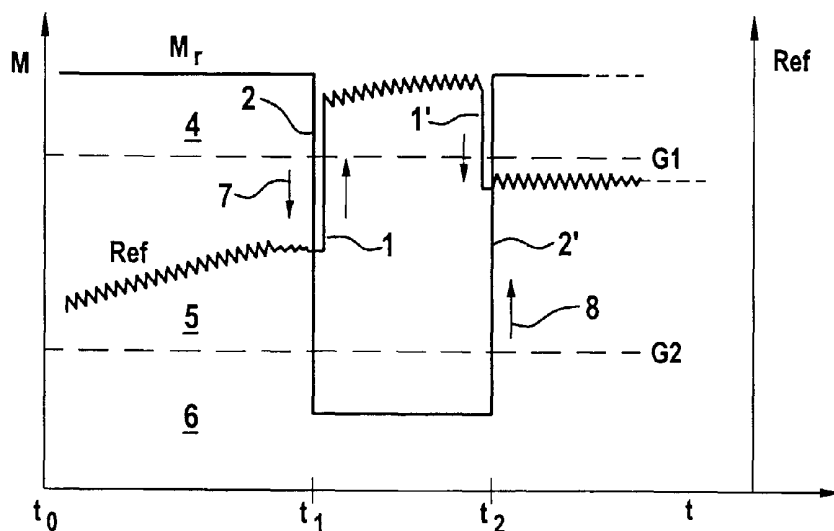
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/56815 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B60C 23/06** (72) **Erfinder; und**
(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): GRIESSER, Martin**
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/00589 [DE/DE]; An den Krautgärten 23, 65760 Eschborn (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum: **IHRIG, Hans, Georg** [DE/DE]; Emilstrasse 28, 64293 Darmstadt (DE).
19. Januar 2001 (19.01.2001)
(25) Einreichungssprache: Deutsch (74) **Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG**; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt (DE).
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (81) **Bestimmungsstaaten (national): JP, US.**
(30) Angaben zur Priorität:
100 04 517.0 2. Februar 2000 (02.02.2000) DE (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
100 58 097.1 23. November 2000 (23.11.2000) DE
(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG** **Veröffentlicht:**
[DE/DE]; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt (DE). — mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR DETECTING TYRE PRESSURE LOSS BY EVALUATING REFERENCE VARIABLES AND USE THEREOF

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERKENNUNG EINES REIFENDRUCKVERLUSTS DURCH AUSWERTUNG VON REFERENZGRÖSSEN UND DESSEN VERWENDUNG



(57) **Abstract:** Disclosed is a method for detecting tyre pressure loss in motor vehicles by forming at least one reference variable (Ref) from wheel speed information (v_{dyn}) and by evaluating the evolution of said reference value in time (1, 1'). A pressure loss is detected when there is a correlation between the gradient of the wheel torque and the gradient of the reference variable. The invention also relates to a device for adjusting brake power and/or the dynamics of vehicle movement and for implementing the above-mentioned method. The inventive method and device can be used in an all-wheel drive vehicle.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 01/56815 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Beschrieben ist ein Verfahren zur Erkennung eines Reifendruckverlusts in Kraftfahrzeugen durch Bildung mindestens einer Referenzgröße (Ref) aus Radrehzahlinformationen (r_{dyn}) und Auswertung des zeitlichen Verlaufs der Referenzgröße ($1, 1'$), wobei auf einen Druckverlust erkannt wird, wenn eine Korrelation zwischen dem Gradienten des Raddmoments und dem Gradienten der Referenzgröße festgestellt wird. Ferner ist eine Vorrichtung zum Regeln der Bremskraft und/oder der Fahrdynamik und zur Durchführung des genannten Verfahrens beschrieben. Das Verfahren und die Vorrichtung kann in einem Allrad-Fahrzeug verwendet werden.

Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung eines Reifendruckverlusts durch Auswertung von Referenzgrößen und dessen Verwendung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß Oberbegriff von Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß Oberbegriff von Anspruch 12, sowie die Verwendung des Verfahrens oder der Vorrichtung in einem Allrad-Fahrzeug.

In Kraftfahrzeuge, die mit einem elektronischen System zur Bremsdruckregelung oder zur Regelung der Fahrdynamik (ABS, ASR, ESP etc.) ausgestattet sind, wird die Winkelgeschwindigkeit der Fahrzeugräder durch Raddrehzahlsensoren aufgenommen. Es ist bekanntermaßen möglich, einen aufgetretenen Druckverlust in einem Reifen durch eine genaue Analyse der Radgeschwindigkeitsdaten festzustellen, da sich bei gleichbleibender Fahrzeuggeschwindigkeit bei einem Reifendruckverlust die Winkelgeschwindigkeit des defekten Rades geringfügig erhöht.

Um eine Druckverlusterkennung mit erhöhter Genauigkeit zu realisieren, ist in der Deutschen Patentanmeldung 199 61 681 (P 9610) sowie in der Deutschen Patentanmeldung 199 28 138 (P 9654) ein Verfahren vorgeschlagen worden, bei dem zusätzliche physikalische Fahrzeugdaten, wie Gierrate, Beschleunigung, Bremsenbetätigung, Motormoment usw. in den Erkennungsalgorithmus zur Druckverlusterkennung einbezogen werden. Diese Fahrzeugdaten dienen zur Unterscheidung zwischen einem dynamischen Fahrmanöver, wie Kurvenfahrt, Abbremsen oder Beschleunigen und einer undynamischen Fahrt, wie etwa eine Geradeausfahrt ohne Längsbeschleunigung.

Wird der Einfluß einer Fahrdynamikgröße auf die Winkelgeschwindigkeit berücksichtigt, kann eine Druckverlusterkennung auch während dynamischer Fahrmanöver durchgeführt werden.

Das in den deutschen Patentanmeldungen angegebene Verfahren benötigt jedoch Mikroprozessoren mit einer hohen Arbeitsgeschwindigkeit und einem großen Arbeitsspeicher. Zudem müssen einer große Zahl von Raddaten in unterschiedlichen Fahrsituationen ausgewertet werden, bevor die eigentliche Druckverlusterkennung aktiviert werden kann.

In der DE 197 21 480 A1 ist ebenfalls ein in ein elektronisches Antiblockiersystem integrierbares Druckverlusterkennungsverfahren beschrieben, bei dem nach Auslösen eines Reset-Schalters, der ausgelöst wird, wenn der Nenndruck der Räder eingestellt ist, zunächst eine Lernphase durchlaufen wird, in der ein Mikrorechner unter Berücksichtigung der Fahrsituation aus den Winkelgeschwindigkeit der Räder zunächst Referenzwerte aus dem Quotienten von unterschiedlichen Summen von Radpaaren bildet. Die Funktion, nach der die Referenzwerte gebildet werden, bewirkt eine Verstärkung der gesuchten Signaländerung. Aus dem zeitlichen Verlauf der Referenzwerte wird in der Lernphase jeweils ein zulässiger Bereich für die Referenzwerte ermittelt. Im Anschluß an die Lernphase beginnt eine Vergleichsphase, in der überprüft wird, ob die aktuell bestimmten Referenzwerte innerhalb des gelernten zulässigen Bereichs liegen.

Das beschriebene Verfahren berücksichtigt die aktuelle Fahrsituation, indem während der Lernphase und während der Vergleichsphase Referenzwerte während dynamischer Fahrsituationen ausgeschlossen werden.

Nachteilhafterweise kann es jedoch bei dem bekannten Verfahren vorkommen, daß nicht mit ausreichender Häufigkeit geeignete undynamische Fahrsituation vorliegen. Die Lernphase als auch die Vergleichsphase kann hierdurch größer sein, als dies seitens der Kraftfahrzeugnutzer toleriert wird.

Es besteht daher noch immer der Bedarf nach einem Verfahren zur Erkennung eines Reifendruckverlusts, welches die erwähnten Nachteile nicht aufweist.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß Anspruch 1.

Erfindungsgemäß wird bei dem Verfahren der Erfindung ein Reifendruckverlusts in Kraftfahrzeugen durch Bildung mindestens einer Referenzgröße (Ref) aus Radrehzahlinformationen und Auswertung des zeitlichen Verlaufs der Referenzgröße untersucht.

Bevorzugt wird gemäß dem Verfahren - beispielsweise neben einer weiteren zweiten Methode B - nach einer ersten Methode A auf einen Druckverlust erkannt, wenn festgestellt wird, daß eine zeitliche Veränderung der Referenzgröße bei einer vorgegebenen Mindeständerung des Radmoments (M_r) an einem oder mehreren Rädern auftritt.

Das Erkennungsverfahren gemäß der Erfindung beruht auf der Tatsache, daß das Maß der Änderung der Raddrehzahl aufgrund eines Reifendruckverlusts vom Radmoment abhängt. Im allgemeinen ist der Betrag, um den sich die Winkelgeschwindigkeit bei einem Druckverlust ändert, bei einem momentenfreien Rad am größten. Bei steigendem Radmoment sinkt der besagte Betrag ab. Wird nun gemäß der Erfindung die Änderung des Radmoments beobachtet, z.B. in dem ein Sprung im Verlauf des Radmoments beobachtet wird, ist es möglich, aus einer gleichzeitigen Änderung der Raddrehzahl und damit auch der Referenzgröße auf einen Druckverlust erheblich sicherer zu schließen, als dies bei bekannten Verfahren der Fall ist. Das Erkennungsverfahren gemäß der Erfindung nutzt somit aus, daß störende Einflüsse, wie Kurvenfahrt und dergl., auf die Raddrehzahl, die nach bekannten Verfahren aus dem Signal herausgefiltert werden müßten, durch das Radmoment im we-

sentlichen nicht beeinflußt werden.

Die Raddrehzahlinformationen sind beispielsweise Geschwindigkeits-Daten von sensorisch bestimmten Radgeschwindigkeiten oder Daten, die Radgeschwindigkeiten auf Basis von Zeitintervallen angeben. Vorzugsweise handelt es sich bei den Raddrehzahlinformationen um Daten von aktuell ermittelten Radradien (dynamischer Radradius r_{dyn}), die ermittelt werden können nach der Formel $r_{\text{dyn}} = v / \omega$, wobei v die Fahrzeuggeschwindigkeit ist.

Bei dem herangezogenen Radmoment handelt es sich bevorzugt um das Radmoment, welches von einem Antrieb über das Getriebe unter Berücksichtigung der auftretenden Verluste und des Übersetzungsverhältnis (Getriebe, Differential) auf die Räder aufgeprägt wird. Zur Vereinfachung kann angenommen werden, daß sich das Antriebsmoment, insbesondere gleichmäßig auf alle angetriebenen Räder des Fahrzeugs verteilt.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren muß überprüft werden, ob bei einer aufgetretenen Momentenänderung eine Änderung der Referenzgröße durch die Momentenänderung verursacht wurde oder ob diese durch andere Effekte hervorgerufen wurden, wie beispielsweise durch Fahrbahnunebenheiten, Kurvenfahrt oder dergleichen. Hierzu wird vorzugsweise zunächst für die Referenzgröße ein Sollwertbereich vorgegeben und dann überprüft, ob die Referenzgröße nach der festgestellten Mindeständerung des Radmoments von einem Gebiet außerhalb des Sollwertbereichs in ein Gebiet innerhalb des Sollwertbereichs eintritt oder die Referenzgröße von dem inneren Gebiet in das äußere Gebiet austritt. Das Verfahren spricht somit auf einen Bereichswechsel des Referenzwerts an. Der Sollwertbereich kann fest vorgegeben sein oder bevorzugt durch ein zuvor durchzuführendes Lernverfahren festgelegt

sein, indem in undynamischen Fahrsituationen nach dem Auffüllen der Reifen auf den gewünschten Nenndruck Referenzwerte aufgenommen werden und so der Normalzustand in Form eines Sollwertbereichs festgelegt und gespeichert wird. Ein hierfür geeignetes Lernverfahren ist beispielsweise in der bereits zitierten DE 197 21 480 A1 angegeben.

Während der erfindungsgemäßen Druckverlusterkennung in der sogenannten Vergleichsphase kann es vorkommen, daß der Referenzwert im Bereich einer Momentenänderung einen Bereichswechsel wie oben beschrieben zeigt, jedoch dieser Bereichswechsel sich aufgrund einer Fahrbahnunebenheit nicht für eine ausreichende Zahl an Meßpunkten bestätigt. Zur Absicherung der Druckverlusterkennung ist es daher vorzugsweise vorgesehen, daß überprüft wird, ob nach Eintritt in den Sollwertbereich oder Verlassen des Sollwertbereichs die Referenzgröße für eine vorgegebene Mindestzeitspanne in dem neuen Bereich verbleibt.

Dies kann insbesondere durch Zählen der einzelnen Meßwerte erfolgen, die sich nach dem Bereichswechsel in dem neuen Bereich befinden. Eine Warnmeldung wird entsprechend der hier beschriebenen Verfahrensweise nur dann ausgegeben, wenn die Anzahl der gezählten Meßwerte einen vorgegebenen Mindestwert überschreitet.

Die festgestellte Mindeständerung des Radmoments wird bevorzugt mittels der Beziehung

$$|M_r(t_1) - M_r(t_0)| > S_r$$

überprüft, wobei S_r eine positive Konstante, t_1 und t_0 Zeitpunkte, und $t_1 > t_0$ ist.

Das Radmoment läßt sich beispielsweise nach der Formel

$$M_r = \frac{1}{\omega_r} * (M_m * \omega_M) - V$$

berechnen, worin ω_r die Radwinkelgeschwindigkeit, ω_M die Motorwinkelgeschwindigkeit, M_m das Motormoment und V die Antriebsverluste angibt. Diese Größen können in Kraftfahrzeugen mit einem elektronischen Bremssystem oder einem System zur Regelung der Fahrdynamik bereits von der Elektronik im Speicher durch parallel ablaufende Algorithmen bereitgestellt worden sein.

Bevorzugt werden zur Bestimmung des Radmoments Motormomentdaten und Getriebedaten herangezogen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird das Radmoment aus dem aktuellen Radschlupf des jeweiligen Rades abgeleitet. Dies ist möglich, da der Radschlupf proportional zum Motormoment ist. Wird nun ausgehend von einer proportionalen Abhängigkeit des Schlupfs vom Radmoment bei einem Moment von $M = 0$ der Radschlupf bestimmt, so ist es möglich, den weiteren Verlauf der Geraden mit der allgemeinen Formel $\text{Schlupf}(M) = a * M + b$ zu berechnen, da b bei $M = 0$ bestimmt werden kann und sich die Steigung a abschätzen läßt. Der Fall $M = 0$ kann beispielsweise durch Überwachen des Kuppelungssignals über einen Fahrzeugdatenbus (CAN) abgefragt werden.

Die Referenzgröße wird aus den Raddrehzahlinformationen bevorzugt in der Weise gebildet, daß Änderungen einzelner Räder im Vergleich zu den übrigen Rädern möglichst deutlich erkennbar sind. Besonders bevorzugt ist die Referenzgröße eine Verhältnisgröße aus Summen und/oder Quotienten von Raddrehzahlinformationen von Radpaaren.

Vorzugsweise wird gemäß dem Verfahren der Erfindung

- a) nach einer festgestellten negativen Mindeständerung des Radmoments ($M_r(t_1) - M_r(t_0) < \text{Schwelle}$) bis zu einer darauffolgenden positiven Mindeständerung des Radmoments ($M_r(t_1) - M_r(t_0) > \text{Schwelle}$) eine Variable aufintegriert, wenn zusätzlich ein Druckverlust durch Eintreten der Referenzgröße in den Sollwertbereich oder Verlassen der Referenzgröße in den Außenbereich festgestellt wurde oder, wenn kein Druckverlust durch den besagten Bereichswechsel festgestellt wurde, die Variable nicht verändert oder abintegriert, und
- b) nach einer festgestellten positiven Mindeständerung des Radmoments bis zu einer darauffolgenden negativen Mindeständerung eine Variable aufintegriert wird, wenn zusätzlich ein Bereichswechsel des Referenzwertes aufgetreten ist oder, wenn kein Bereichswechsel auftritt, die Variable nicht verändert oder abintegriert, insbesondere abintegriert, wird.

Durch diese Verfahrensweise ist es möglich, kurzzeitige Momentensprünge, die dicht hintereinander auftreten, für die Druckverlusterkennung auszuwerten.

Das Aufintegrieren bzw. Abintegrieren kann bei einer Variable z. B. in der Weise erfolgen, daß ein Zähler bei jeder durchlaufenen Programmschleife um einen festen Betrag erhöht wird oder erniedrigt wird. Wird ein Zähler verwendet, kann

der Zähler zur Unterbindung eines Überlaufs vorzugsweise nach oben und unten durch einen Maximalwert begrenzt.

Besonders bevorzugt wird die Variable oder der Zähler unter den vorstehend unter Punkt a) und b) angegebenen Bedingungen abintegriert oder insbesondere auf einen Anfangszustand von beispielsweise auf den Wert 0 zurückgesetzt.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird zusätzlich zur der ersten vorstehend beschriebenen Methode A zur Erkennung eines Druckverlusts eine weitere Methode B durchgeführt, bei der mindestens eine Referenzgröße zur Unterdrückung von kurzzeitigen Raddrehzahlschwankungen gemittelt und/oder gefiltert wird (Ref^M) wird, darauffolgend überwacht wird, ob eine gemittelte und/oder gefilterte Referenzgröße innerhalb eines vorgegebenen Sollwertbereichs liegt, und ein Druckverlust festgestellt wird, wenn eine gemittelte und/oder gefilterte Referenzgröße den Sollwertbereich verlassen hat.

Der Sollwertbereich kann wie bereits weiter oben beschrieben während eines Lernverfahrens ermittelt sein. Zweckmäßigerweise wird als Sollwertbereich für die Methode B der Sollwertbereich der Methode A verwendet.

Methode B benötigt in der Vergleichsphase zur Erkennung eines Druckverlusts nicht zuletzt wegen der länger andauernden Filterung oder Mittelung der Referenzwerte erheblich mehr Zeit als Methode A. Eine Druckverlusterkennung nach Methode A ist bei geeigneten Fahrbedingungen erheblich schneller abgeschlossen als bei Methode B.

Methode B wird bevorzugt ausschließlich in einer anhaltend undynamischen bzw. in Bezug auf die Reifen nahezu kräftefreien Fahrsituation durchgeführt, insbesondere wenn die von der Fahrzeugelektronik bereitgestellten Fahrdynamikgrößen wie Motormoment M , Gierrate $\dot{\Psi}$, Längsbeschleunigung L , und Querschleunigung Q , dies anzeigen. Die Referenzgröße ist besonders bevorzugt während dieses Tests zeitlich gemittelt und/oder gefiltert.

Vorzugsweise ist die Zeitspanne, über die die Referenzgröße gemittelt und/oder gefiltert wird, bei Methode B größer, als bei Methode A. Die bei Methode A in einer bevorzugten Ausführungsform durchgeführte Aufintegration einer Variablen stellt für sich betrachtet bereits eine Mittelung mit sehr kurzer Zeitspanne dar. Zur Absicherung eines durch Referenzwerte angezeigten Druckverlusts müssen bei Methode B bei dem bevorzugten Verfahren weniger nachfolgende Referenzwerte berücksichtigt werden, als bei Methode A.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Regeln der Bremskraft und/oder der Fahrdynamik und zur Erkennung eines Druckverlusts von Reifen in einem Kraftfahrzeug, welche sich dadurch auszeichnet, daß ein Mikrorechner, der mit Raddrehzahlsensoren und gegebenenfalls zusätzlichen Fahrdynamiksensoren verbunden ist, das vorstehend beschriebene Verfahren gemeinsam mit einem an sich bekannten Verfahren zur Regelung der Bremskraft und/oder Fahrdynamik abarbeitet.

Da das erfindungsgemäße Verfahren im wesentlichen lediglich Einrichtungen benötigt, die ohnehin in einem üblicherweise eingesetzten ABS-, ASR- oder ESP-System vorhanden sind, läßt sich dieses auf vorteilhafte Weise in ein solches System kostengünstig integrieren.

Bevorzugt ist die Vorrichtung so gestaltet, daß sie nach Erkennung eines Druckverlusts ein Signal, beispielsweise über eine Leitung oder aber über ein Datenregister, abgibt, welches die Information über den Druckverlust enthält.

Die Erfindung betrifft auch die Verwendung des zuvor beschriebenen Verfahrens und der obigen Vorrichtung in einem Allrad-Fahrzeug.

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Ausführungsbeispiels und der Figuren näher erläutert.

Es zeigen

- Fig. 1 die schematische Darstellung eines Kraftfahrzeuggrads während des Abrollens auf der Fahrbahn,
- Fig. 2 ein Diagramm, welches die Änderung des dynamischen Radius bei einem Druckverlust in Abhängigkeit vom Radmoment zeigt,
- Fig. 3 ein weiteres Diagramm, welches den Verlauf einer gemittelten Referenzgröße bei gleichbleibendem Radmoment zeigt,
- Fig. 4 ein weiteres Diagramm, welches den Verlauf einer ungemittelten Referenzgröße bei einer starken Änderung des Radmoments zeigt, und
- Fig. 5 ein weiteres Diagramm, welches den Verlauf einer Referenzgröße bei mehreren aufeinanderfolgenden Sprüngen des Radmoments zeigt.

In Fig. 1 ist dargestellt, wie ein Fahrzeugreifen 3 auf der Fahrbahn 10 abrollt, wenn der Reifendruck bereits etwa um 0,5 bar unterhalb des vorgesehenen Betriebsdrucks für den Reifen von hier 2,2 bar abgesunken ist. Ein nicht komprimierbarer Reifen würde idealerweise einen Radius r_1 aufweisen und sich bei einer Fahrgeschwindigkeit v mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega = v / r$ drehen. Ein herkömmlicher Gummireifen wird jedoch während des Rollens im Bereich der Fahrbahnoberfläche um so mehr gewalkt, je niedriger der Druck des Reifens ist. Hierdurch sinkt der dynamische Abrollumfang und der sogenannte dynamische Radius, der bestimmt wird nach dem Zusammenhang $r_{\text{dyn}} = v / \omega$.

In Fig. 2 ist auf der Abszisse des dargestellten Diagramms die Differenz zwischen dem dynamischen Radius $\Delta r_{\text{dyn}}(P_1)$ bei einem ersten Druck P_1 und $\Delta r_{\text{dyn}}(P_2)$ bei einem zweiten Druck P_2 aufgetragen, wobei $P_1 < P_2$ ist. Wie dem Diagramm zu entnehmen ist, weisen herkömmliche Fahrzeugreifen in Δr_{dyn} eine Abhängigkeit von dem an diesem Rad anliegenden Radmoment M_r auf. Mit steigendem Betrag des Radmoments fällt Δr_{dyn} ab.

Das an einem Rad anliegende Radmoment läßt sich aus innerhalb der Fahrzeugelektronik (z. B. elektronisches System einer Bremsdruckregelung ABS oder Fahrdynamikregelung ESP) verfügbaren Größen wie Motordrehzahl, Getriebeübersetzung und Drehzahlquotienten berechnen. Es ist auch möglich, das Radmoment aus dem aktuellen Schlupfbedarf des Rades abzuleiten. Ferner kann ein Vergleich mit bereits vorhandenen Schlupfwerten bei der entsprechenden Geschwindigkeit vorgenommen werden.

Bevor die Erkennung eines Druckverlusts in der weiter unten beschriebenen Vergleichsphase durchgeführt werden kann, müssen zunächst die Datenspeicher in einer Vorrichtung zur Erkennung eines Reifendruckverlusts (Mikroprozessorsystem) über einen nicht dargestellten Rücksetzschalter in einen Ausgangszustand zurückgesetzt werden. Dies wird in der Regel durch den Fahrer des Kraftfahrzeugs nach Auffüllen der Reifen 3 (Fig. 1) mit Luft auf den vorgesehenen vorgeschriebenen Reifendruck bewerkstelligt. Danach beginnt die Lernphase der Druckverlusterkennung.

In der Lernphase - wie auch in der Vergleichsphase - werden die Winkelgeschwindigkeiten der Räder kontinuierlich mittels Radsensoren aufgenommen. Eine erhöhte Genauigkeit wird hierbei erzielt durch Verwendung der zeitlichen Größe T als Maß für die Radgeschwindigkeit. Auf diese Weise kann eine Synchronisation auf eine Sensorflanke erfolgen. Dies bietet den Vorteil einer erhöhten Genauigkeit bei der Bestimmung der Radgeschwindigkeiten. Zur Weiterverarbeitung werden die Winkelgeschwindigkeiten eines Zeitintervalls von 2 Sekunden gemittelt.

Während der Fahrt werden in Mindestabständen von 2 Sekunden in geeigneten Fahrsituationen Referenzwerte Ref_i aus den Radsignalen gebildet und Sollwerte S_i für die Vergleichsphase (Schritt 12, Fig. 2) in der Lernphase erzeugt.

Die Referenzwerte werden nach der Formel

$$Ref_i = (A + B) / (C + D)$$

aus aktuellen Werten von Raddrehzahldaten der Räder VL, VR, HL und HR berechnet. Würden alle Räder bei Idealbedingungen (Geradeausfahrt) die gleiche Winkelgeschwindigkeit haben, so betrüge der Wert des Referenzwertes $Ref_1 = 1$. Bei einem Druckverlust weicht der Referenzwert um einen bestimmten Be-

trag vom Wert 1 ab.

Durch die Vorrichtung wird ständig geprüft, ob die Fahrbedingungen in einem zulässigen Bereich liegen. Wenn eine Fahrbedingung vorliegt, die ein Bilden von Referenzwerten als nicht sinnvoll erscheinen läßt, beispielsweise wenn die Längsbeschleunigung Q , die Querb beschleunigung L , die Gier rate $\dot{\Psi}$ oder die Radbeschleunigung $\dot{\omega}$ bestimmte Schwellenwerte überschreiten, so werden keine Referenzwerte erzeugt bzw. gespeichert. Die Referenzwerte $Ref(t)$ können zur Rauschunterdrückung gegebenenfalls zeitlich gefiltert oder gemittelt werden. Der zeitliche Verlauf des gemittelten Referenzwerts ${}^L Ref^M$ ist in Fig. 3 dargestellt. Wenn festgestellt wird, daß der Wert von ${}^L Ref^M$ mit einer vorgegebenen Mindestgüte, z.B. wenn die Standardabweichung kleiner ist, als ein vorgegebener Schwellenwert, ermittelt werden kann, wird der Mittelwert gespeichert. Der gelernte Durchschnittswert von Ref wird in der Variable ${}^L Ref^M$ gespeichert. Die Lernphase ist dann beendet.

Nach Abschluß der Lernphase wird der Sollwertbereich 5 durch Bildung von oberen und unteren Grenzwerte $G1$ und $G2$ festgelegt, indem ein Offsetwert $11, 12$ zum ermittelten Mittelwert ${}^L Ref^M$ hinzuaddiert bzw. subtrahiert wird (Fig. 3).

Nach Beendigung der Lernphase beginnt die Vergleichsphase.

Die Druckverlusterkennung kann durch das Verfahren nach Methode A und das Verfahren nach Methode B ausgelöst werden.

Gemäß Methode B wird in der Vergleichsphase überprüft, ob neu ermittelte aktuelle Referenzwerte Ref^M innerhalb des Sollwertbereichs 5 liegen. Die aktuellen Referenzwerte in der Vergleichsphase sind während der Ausführung des Verfahrens nach der Methode B gefiltert, während des Verfahrens nach der Methode A werden ungefilterte Referenzwerte heran-

gezogen, wobei in Methode A gemäß dem weiter oben beschriebenen Verfahren die Raddaten bereits innerhalb eines Zeitintervalls von 2 Sekunden gemittelt sind.

Tritt ein Referenzwert Ref^M , wie durch den Pfeil 9 in Fig. 3 hervorgehoben, aus dem Sollwertbereich 5 aus, wird auf einen Druckverlust erkannt, indem eine Warnlampe im Armaturenbrett angeschaltet wird.

Anhand von Fig. 4 wird die Druckverlusterkennung gemäß Methode A (erfindungsgemäße Druckverlusterkennung) erläutert. Auf der Abszisse des dargestellten Diagramms ist neben dem zeitlichen Verlauf des ungemittelten Referenzwertes Ref der zeitliche Verlauf des Radmoments aufgetragen. Wird das Fahrzeug mit hoher Geschwindigkeit, z.B. 150 km/h, bewegt, stellt sich bei gleichbleibender Gaspedalstellung ein stationärer Zustand ein, in dem sich die Motorleistung und die Verlustleistung aufgrund des Luftwiderstands, des Rollwiderstands und sonstiger Verluste, aufheben. In diesem Fahrzeugzustand ist das Motormoment M_r auf einem hohen Niveau im Bereich von t_0 und t_1 im wesentlichen konstant.

Nimmt nun der Fahrer den Fuß vom Gaspedal, ergibt sich durch die plötzliche Reduktion des Motormoments ein steiler Abfall 2 des Radmoments. Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs verringert sich während der hier betrachteten Zeitspanne nur relativ wenig.

Aufgrund der weiter oben erläuterten Abhängigkeit der Änderung des dynamischen Radradius vom Radmoment tritt ein vorhandener Druckverlust bei einem Wegfall des Radmoments stärker hervor. Liegt ein Druckverlust an einem Rad vor, wird durch die Änderung des Radmoments eine deutlich erkennbare Erhöhung 1 bzw. Erniedrigung des Referenzwertes bewirkt. Steigt das Radmoment wieder an (Bezugszeichen 2'), entsteht eine Flanke 1' im Verlauf des Referenzwertes, die in der Re-

gel etwa der Höhe der Flanke 1 entspricht, so daß der Referenzwert wieder im Sollwertbereich 5 zu liegen kommt.

Im Bereich zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 wird nun die Anzahl der Referenzwerte durch einen Zähler gezählt, die außerhalb des Sollwertbereichs liegen. Wird ein vorgegebener Mindestzählerstand überschritten, wird auf einen Druckverlust erkannt.

Es kann insbesondere bei einem hohen vorgegebenen Mindestzählerstand vorkommen, daß innerhalb der Zeitspanne zwischen t_1 und t_2 der vorgegebene Mindestzählerstand nicht erreicht wird, obwohl ein Druckverlust vorliegt. Um einen Druckverlust dennoch erkennen zu können ist erfindungsgemäß bevorzugt vorgesehen, wie in Fig. 5 dargestellt, auch weitere Änderungen des Radmoments (symbolisiert durch die Bereiche T_2 und T_3), die auf eine erste Änderung (symbolisiert durch Bereich T_1) folgen, auszuwerten.

Dies wird bewerkstelligt, indem der Zähler in den Bereichen T_1 und T_2 weitergezählt wird, wenn Referenzwerte außerhalb des Sollwertbereichs liegen. Liegen die Referenzwerte in diesen Bereichen innerhalb des Sollwertbereichs, kann der Zähler entweder konstant gehalten werden oder rückwärts gezählt werden.

Bisher wurde nur der Fall beschrieben, wie die Druckverlusterkennung bei einem Austritt des Referenzwerts 1 aus dem Sollwertbereich als Folge eines sinkenden Radmoments 2 durchgeführt wird. Entsprechend wird auch auf einen Druckverlust erkannt, wenn das Radmoment ansteigt und als Folge des Anstiegs der Referenzwert in den Sollwertbereich eintritt (Bezugszeichen 1'). Auch in diesem Fall kann die Häufigkeit der Referenzwerte, für die dies der Fall ist, durch

Heraufzählen eines Zählers aufintegriert werden. Hierbei ist es besonders zweckmäßig, für beide beschriebenen Fälle den gleichen Zähler zu verwenden.

Um den Zählerstand nicht beliebig anwachsen zu lassen, wird die Anzahl der berücksichtigten Referenzwerte vorzugsweise auf einen vorgegebenen Maximalwert begrenzt. Hierdurch wird bei einer Erhöhung des Zählerstands ohne einen tatsächlich vorhandenen Druckverlust eine irrtümliche Anzeige eines Druckverlusts wirksam verhindert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung eines Reifendruckverlusts in Kraftfahrzeugen durch Bildung mindestens einer Referenzgröße (Ref) aus Radrehzahlinformationen (r_{dyn}) und Auswertung des zeitlichen Verlaufs der Referenzgröße ($1,1'$), **dadurch gekennzeichnet**, daß gemäß einer ersten Methode A ein Druckverlust an einer Korrelation zwischen dem Gradienten des Radmoments und dem Gradienten der Referenzgröße erkannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf einen Druckverlust erkannt wird, wenn festgestellt wird, daß eine zeitliche Veränderung der Referenzgröße bei einer vorgegebenen Mindeständerung ($2,2'$) des Radmoments (M_r) an einem oder mehreren Rädern (3) auftritt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß für die Referenzgröße ein Sollwertbereich (G_1, G_2) festgelegt ist und die Referenzgröße als verändert gilt, wenn die Referenzgröße nach der festgestellten Mindeständerung des Radmoments von einem Gebiet außerhalb des Sollwertbereichs ($4,6$) in ein Gebiet innerhalb des Sollwertbereichs (5) eintritt oder die Referenzgröße von dem inneren Gebiet in das äußere Gebiet austritt.
4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein erkannter Druckverlust durch eine weitere Maßnahme abgesichert wird, bei der überprüft wird, ob nach Eintritt in den Sollwertbereich (5) oder Verlassen des Sollwertbereichs die Referenzgröße für eine vorgegebene Mindestzeitspanne (T) in dem neuen Bereich verbleibt.

5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mindeständerung des Radmoments mittels der Beziehung

$$|M_r(t_1) - M_r(t_0)| > S_r$$

überprüft wird, wobei S_r eine positive Konstante, t_1 und t_0 Zeitpunkte, und $t_1 > t_0$ ist.

6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Referenzgröße eine Verhältnisgröße aus Summen und/oder Quotienten von Raddrehzahlinformationen von Radpaaren ist.

7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß
- nach einer festgestellten negativen Mindeständerung des Radmoments bis zu einer darauffolgenden positiven Mindeständerung (7) des Radmoments eine Variable aufintegriert wird, wenn zusätzlich ein Druckverlust durch Eintreten der Referenzgröße in den Sollwertbereich oder Verlassen der Referenzgröße in den Außenbereich festgestellt wurde oder, wenn kein Druckverlust durch den besagten Bereichswechsel festgestellt wurde, die Variable nicht verändert oder abintegriert wird, und
 - nach einer festgestellten positiven Mindeständerung (8) des Radmoments bis zu einer darauffolgenden negativen Mindeständerung eine Variable aufintegriert wird, wenn zusätzlich ein Bereichswechsel des Referenzwertes aufgetreten ist oder, wenn kein Bereichswechsel auftritt, die Variable nicht verändert oder abintegriert wird.

8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7,

- dadurch gekennzeichnet**, daß das Radmoment bestimmt wird mittels Motormomentdaten und Getriebedaten.
9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Radmoment aus dem Radschlupf des jeweiligen Rades abgeleitet wird.
10. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß zusätzlich zur der ersten Methode A zur Erkennung eines Druckverlusts eine weitere Methode B durchgeführt wird, bei der mindestens eine Referenzgröße zur Unterdrückung von kurzzeitigen Raddrehzahlschwankungen gemittelt und/oder gefiltert wird (Ref^M), darauffolgend überwacht wird, ob eine gemittelte und/oder gefilterte Referenzgröße innerhalb eines vorgegebenen Sollwertbereichs (5) liegt, und ein Druckverlust festgestellt wird, wenn eine gemittelte und/oder gefilterte Referenzgröße den Sollwertbereich verlassen hat (9).
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zeitspanne, über die die Referenzgröße gemittelt und/oder gefiltert wird, bei Methode B größer ist, als bei Methode A.
12. Vorrichtung zum Regeln der Bremskraft und/oder der Fahrdynamik und zur Erkennung eines Druckverlusts von Reifen in einem Kraftfahrzeug, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Mikrorechner, der mit Raddrehzahlsensoren und gegebenenfalls zusätzlichen Fahrdynamiksensoren verbunden ist, ein Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 9 und ein an sich bekanntes Verfahren zur Regelung der Bremskraft und/oder Fahrdynamik abarbeitet.

13. Verwendung des Verfahrens nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 11 oder der Vorrichtung nach Anspruch 12 in einem Allrad-Fahrzeug.

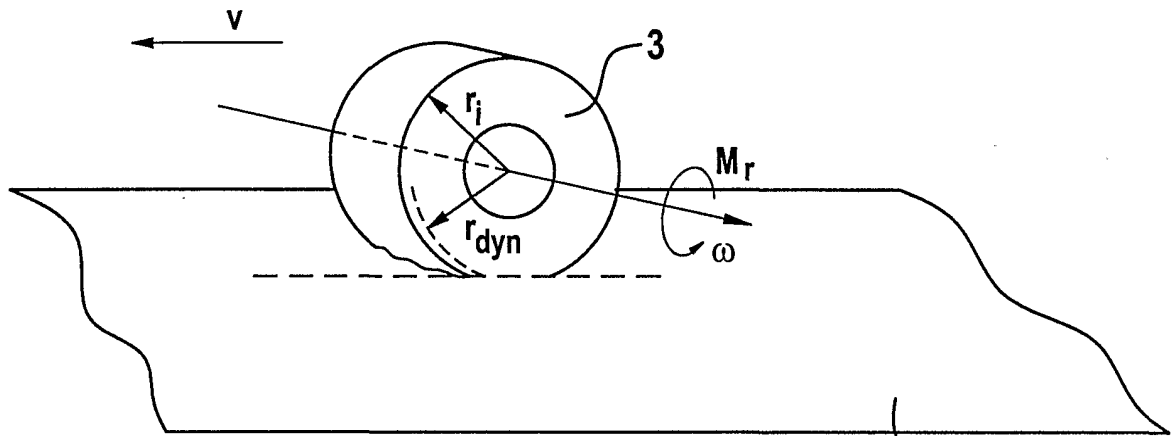


Fig. 1

10

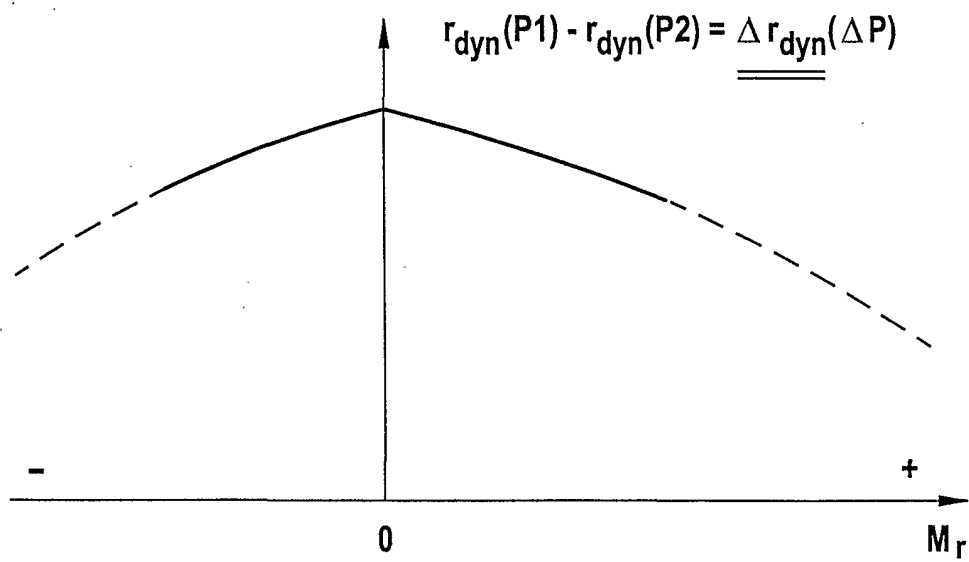


Fig. 2

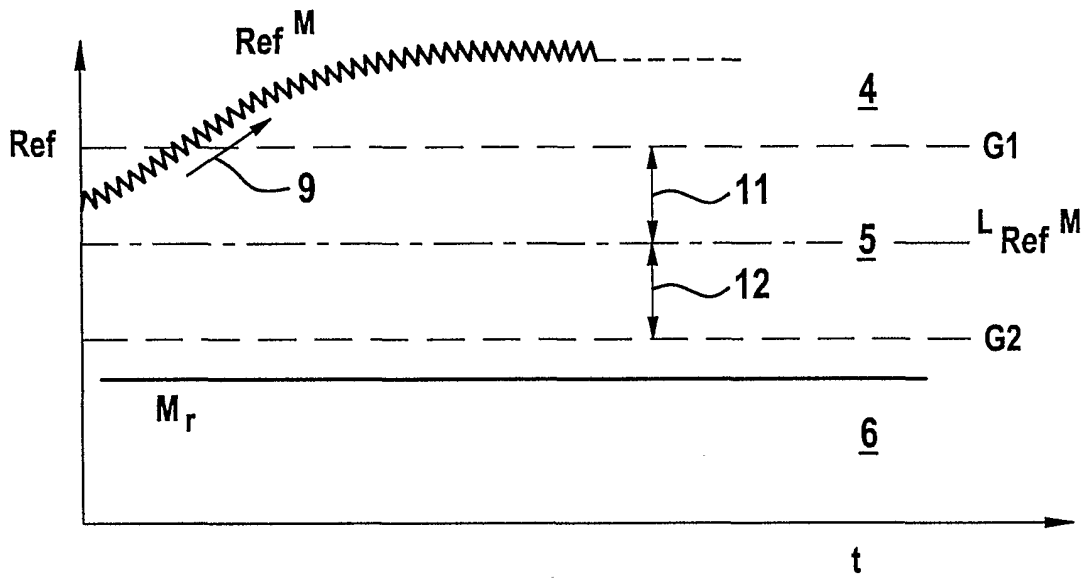


Fig. 3

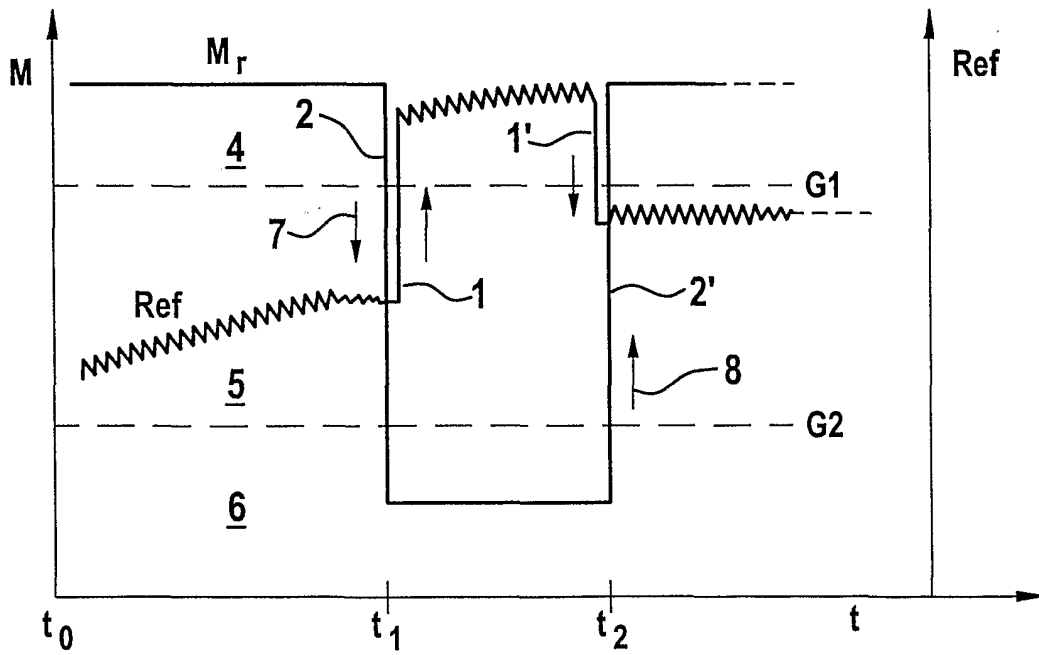


Fig. 4

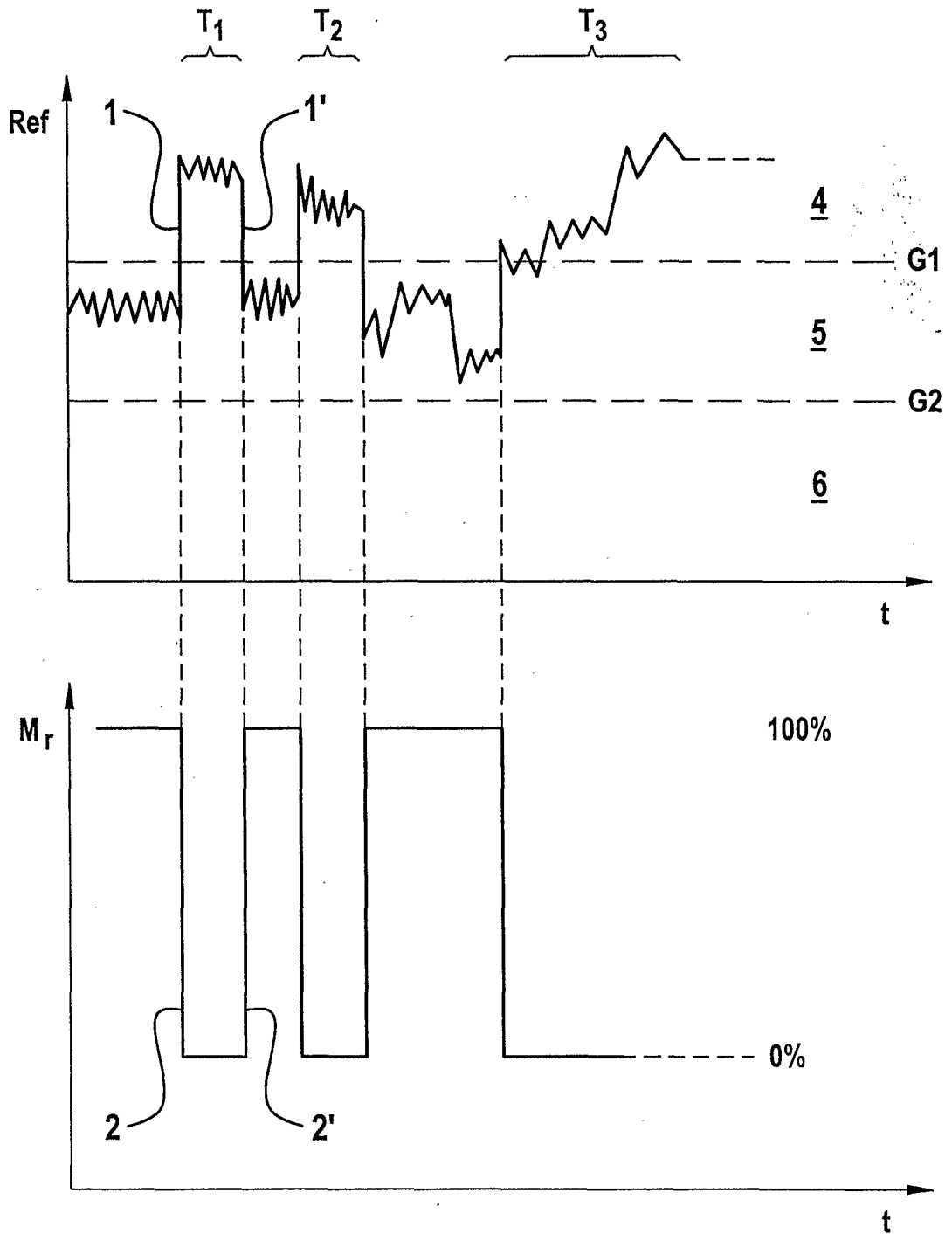


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte PC	Application No 01/00589
------------	----------------------------

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 B60C23/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 B60C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
 EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 773 118 A (HONDA MOTOR CO LTD) 14 May 1997 (1997-05-14) abstract page 6, line 23 - line 50; figures 1-6	1, 12, 13
A	EP 0 786 362 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES ; SUMITOMO RUBBER IND (JP)) 30 July 1997 (1997-07-30) page 3, line 40 - line 59	1, 12, 13

Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

<p>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>*E* earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>* & * document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search 3 July 2001	Date of mailing of the international search report 09/07/2001
---	---

Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Smeysers, H
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Information on Patent No.	International Application No.
P	01/00589

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0773118	A	14-05-1997		JP 9104210 A	22-04-1997
				US 5866812 A	02-02-1999
EP 0786362	A	30-07-1997		JP 3119809 B	25-12-2000
				JP 9203678 A	05-08-1997
				US 5936519 A	10-08-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte ales Aktenzeichen

PC 01/00589

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B60C23/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B60C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 773 118 A (HONDA MOTOR CO LTD) 14. Mai 1997 (1997-05-14) Zusammenfassung Seite 6, Zeile 23 - Zeile 50; Abbildungen 1-6	1, 12, 13
A	EP 0 786 362 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES ;SUMITOMO RUBBER IND (JP)) 30. Juli 1997 (1997-07-30) Seite 3, Zeile 40 - Zeile 59	1, 12, 13

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. Juli 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

09/07/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Smeyers, H

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PC, LP 01/00589

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0773118 A	14-05-1997	JP 9104210 A US 5866812 A	22-04-1997 02-02-1999
EP 0786362 A	30-07-1997	JP 3119809 B JP 9203678 A US 5936519 A	25-12-2000 05-08-1997 10-08-1999