(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 40 38 079 B4** 2005.05.12

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **P 40 38 079.3**
(22) Anmeldetag: **29.11.1990**
(43) Offenlegungstag: **04.06.1992**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **12.05.2005**

(51) Int Cl.[7]: **B62D 6/00**
B60T 8/32
// B62D 105:00,101:00,111:00,113:00

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

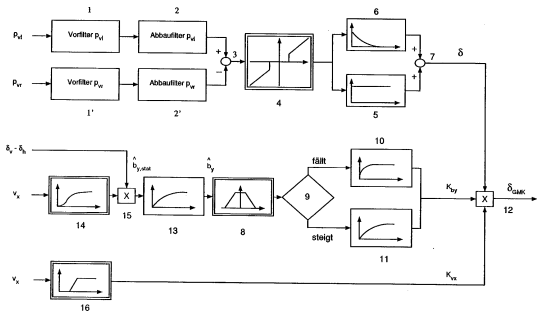
(71) Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Becker, Rolf, Dipl.-Ing., 71254 Ditzingen, DE; Belzner, Ulrich, Dipl.-Ing., 71701 Schwieberdingen, DE; Mergenthaler, Rolf, Dipl.-Ing., 71229 Leonberg, DE; Heeß, Gerhard, Dr.-Ing., 71732 Tamm, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 40 30 724 A1
DE 40 10 332 A1
DE 38 26 982 A1
DE 33 45 729 A1

(54) Bezeichnung: **Fahrzeug mit einem Antiblockierregler**

(57) Hauptanspruch: Mit einem Antiblockierregler ausgerüstetes Fahrzeug mit Einzelradlenkung wenigstens an einer Achse, bei dem das bei unterschiedlichem Reibbeiwert (μ) auf den beiden Fahrzeugseiten bei ABS-Regelung auftretende Giermoment zumindest teilweise dadurch kompensiert wird, daß ein von der Differenz (ΔP) der getrennt eingeregelten Bremsdrücke abhängiger Kompensationslenkwinkel (δ) dem Vorderradlenkwinkel überlagert wird, dadurch gekennzeichnet, daß
– die Querbeschleunigung (b_y) des Fahrzeugs ermittelt wird, und
– in Abhängigkeit von der Querbeschleunigung (b_y) in einer Korrektureinrichtung ein Korrekturfaktor ermittelt wird, der im Bereich kleiner Querbeschleunigungen Eins ist und sich mit steigender Querbeschleunigung (b_y) kontinuierlich auf Null verkleinert, und
– der Kompensationslenkwinkel (δ) mit diesem Korrekturfaktor beaufschlagt wird.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Ein gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ausgerüstetes Fahrzeug ist aus der DE 3826982 A1 bekannt. Dort werden die Bremsdrücke an den getrennt geregelten Rädern einer Achse gemessen und deren Differenz ΔP unter Aussparung einer Totzone bei niedrigem ΔP zur Gewinnung eines Kompensationswinkels δ = K·ΔP benutzt. Nach oben ist der Kompensationswinkel auf einen Grenzwert begrenzt (**Fig.** 8A). Es sind auch verschiedene Korrekturmöglichkeiten zur Verbesserung des Lenkwinkelverlaufs in Abhängigkeit von ΔP vorgesehen (**Fig.** 8B und 8C), wobei gemäß **Fig.** 8b eine Korrektur in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit vorgenommen wird.

[0002] Aus der DE 40 10 332 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Regeln des Lenken und Bremsen eines Fahrzeugs bekannt, bei dem eine Querbeschleunigung- und Giergeschwindigkeitsabweichung an dem Fahrzeug erfasst wird und das Lenken und Bremsen des Fahrzeugs zur Verminderung der erfassten Abweichung geregelt wird. Zusätzlich kann die Abweichung mittels Lenkungsregelung durch Verstellen der Räder in Gegenrichtung zu der Richtung der Querbeschleunigung oder des Gierens verringert werden.

[0003] Die DE 40 30 724 A1 beschreibt zudem einen Schätzalgorithmus zur Bestimmung der Radbremsdrücke.

Aufgabenstellung

Vorteile der Erfindung

[0004] Die vorliegende Erfindung gemäß Anspruch 1 und Anspruch 2 und die Weiterbildungen gemäß den anderen Ansprüchen optimieren die angestrebte Kompensation des Giermoments auf Fahrbahnen mit unterschiedliche Griffigkeit (μ-Split). Die häufig angewandte Giermomentenaufbauverzögerung, die bekanntlich den Bremsweg verlängert, kann bei Anwendung der Kompensation durch einen Lenkeingriff entfallen. Auch ist es nunmehr möglich, statt nach select low geregelten Hinterrädern eine modifizierte Einzelradregelung an den Hinterrädern zu benutzen, wobei das high-Rad bei unterschiedlichem μ einen höheren Bremsdruck erhält und Gewinn an Bremskraft bringt.

[0005] Die Erfindung wird bei Vorhandensein einer Hinterachslenkung dort angewendet, jedoch kann der Kompensationslenkwinkel δ auch dem Vorderradlenkwinkel überlagert werden. Die Hinterradlenkung kann auch noch für andere Zwecke z.B. Verbesserung des fahrdynamischen Verhaltens zum Einsatz kommen, sodass auch hier der resultierende Kompensationslenkwinkel δGMK überlagert wird.

Ausführungsbeispiel

[0006] Anhand der Zeichnung wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert.

[0007] Es zeigen:

[0008] Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Kompensationsschaltung

[0009] Fig. 2 bis Fig. 4 Diagramme.

[0010] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel der Fig. 1, wird auf die Kompensation des Bremsgiermoments durch eine Hinterachslenkung bei select-low gebremster Hinterachse eingegangen.

[0011] Die Bremsdrücke in den Vorderrädern liefern in erster Näherung ein Maß für die ausgenutzte Bremskraft, die Differenz Δp der Drücke folglich ein Maß für das Bremsgiermoment. Der Kompensationslenkwinkel δ an der Hinterachse erzeugt ein entgegengesetztes Moment um die Fahrzeughochachse, welches bei geeigneter Auslegung das Bremsgiermoment kompensiert. Der stationäre Zusammenhang zwischen δ und Δp wird durch den Proportionalitätsfaktor k_p beschrieben.

[0012] Da während einer ABS-Bremsung die Bremsdrücke ständig moduliert werden, würde eine Hinterachslenksteuerung mit ausschließlich o.g. Proportionalität sehr unruhig reagieren. Deshalb wird eine Filterung vorgesehen, bevor die Druckdifferenz berechnet wird. Diese Differenz muss erst einmal eine signifikante Schwelle

(Totzone) überwinden, bevor die Steuerung aktiv wird; auch diese Maßnahme soll Lenkunruhe bei kleinen Störungen vermeiden.

[0013] Die Filterung der gemessenen Bremsdrücke P_{vl} und P_{vr} erfolgt zweistufig.

[0014] Im Vorfilter **1** bzw. **1'** sollen Störungen durch das Meßrauschen (Peaks, A/D-Fehler) unterdrückt werden, was durch eine variable Begrenzung der Druckänderungsrate erreicht wird. Die Anstiegsbegrenzung bleibt bei häufigem Wechsel von Druckaufbau und -abbau bei kleinen Werten, bei einer Änderung mit gleichem Vorzeichen über einen längeren Zeitraum hinweg wird sie kontinuierlich bis zu einem Maximalwert erhöht.

[0015] Die Abbaufilter **2** bzw. **2'** sind speziell auf die Zusammenhänge zwischen ABS-Regelzyklen (ABS-Regelzyklen mit Pulsreihen) und Hinterradlenkung ausgerichtet. Damit der Hinterradlenkwinkel den Drucksprüngen insbesondere in den Druckabbauphasen nicht direkt folgt, wird ein Absinken der gefilterten Bremsdrücke beim ersten Druckabbau nach einer Druckanstiegsphase nur sehr langsam zugelassen. Nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit (z. B. 100 msek) wird die Zeitkonstante des Tiefpasses umgeschaltet, so dass sich der gefilterte Wert (Ausgang von Block **2** bzw. **2'**) schneller an die Ausgangsgröße des Vorfilters **1** (**1'**) annähert.

[0016] Der gemessene Druck sowie der Zwischenwert und der gefilterte Druck sind in **Fig. 2** dargestellt.

[0017] Danach wird aus den gefilterten Bremsdrücken P_{Vlf} und P_{Vrf} in einem Subtrahierer **3** die Differenz der Ausgangsgrößen der Filter **2** bzw. **2'** gebildet, welche nach Überschreiten einer toten Zone **4** die Eingangsgröße $f(\Delta p)$ für Steuerungsverstärker **5** und **6** liefert, deren Ausgangssignale im Addierer **7** zum Kompensationswinkel δ summiert werden.

[0018] Die Steuerung besteht im wesentlichen aus einem konstanten Anteil

$$\delta p = f(\Delta p) \cdot k_p \qquad \text{(Block 5).}$$

[0019] Durch die Filterung, die tote Zone und die Dynamik des Lenkstellers baut sich zunächst eine Gierbewegung auf, welche auch bei idealer Auslegung der Verstärkung k_p erhalten bleibt. Deshalb wird bei Beginn des Steuereingriffs noch ein zeitvariabler Anteil

$$\delta_v = f(\Delta p) \cdot k_v \qquad \text{(Block 6)}$$

berechnet.

[0020] Der Faktor k_v wird auf einen bestimmten Wert gesetzt, wenn die Differenz der gefilterten Drücke die tote Zone überschreitet und klingt dann kontinuierlich ab.

[0021] Beim Zuschalten der Steuerung wird also der Hinterradlenkwinkel sichtbar überhöht, so dass die Giergeschwindigkeit ihr Vorzeichen wechselt und der Gierwinkel so wieder reduziert wird. Der Fahrer muss in diesem Fall praktisch nicht mehr eingreifen. Über den gesamten Bremsvorgang gesehen nimmt die Giergeschwindigkeit nur sehr kleine Werte an, die Unstetigkeiten durch die ABS-Regelzyklen werden also weitgehend kompensiert.

[0022] Sowohl bei kleinen als auch bei hohen Geschwindigkeiten verhindert die Giermomentenkompensation ein Ausbrechen des Fahrzeugs. Mit zunehmender Geschwindigkeit wird die Unterstützung durch sie deutlicher.

[0023] Bei Versuchen mit festgehaltenem Lenkrad bleibt der Spurversatz recht klein, ein Gierwinkel baut sich sehr langsam auf.

[0024] Die bisher eingesetzte Messung der vorderen Radbremsdrücke kann auch durch einen Schätzalgorithmus ersetzt werden. Die Filterung der Bremsdrücke kann dabei so vereinfacht werden, dass die Blöcke **1**, **1'** entfallen.

[0025] Eine Beeinflussung des Vorderradlenkwinkels ist nach dem gleichen Prinzip möglich. Lediglich quantitative Unterschiede treten auf.

[0026] Die Einführung der zeitvariablen Verstärkung bringt bei unterschiedlichem Reibbeiwert auf verschie-

denen Fahrzeugseiten wesentliche Vorteile, führt jedoch bei Vollbremsungen in der Kurve zu einem übersteuernden Verhalten des Fahrzeugs. Um diesen Nachteil zu vermeiden wird die Querbeschleunigung des Fahrzeugs mit herangezogen. Die Berücksichtigung der Querbeschleunigung, wie sie nun beschrieben wird, setzt jedoch nicht die Gewinnung des Kompensationslenkwinkels δ gemäß dem obersten Zweig der Fig. 1 voraus.

[0027] Aus der gemessenen Querbeschleunigung b_y wird zunächst über die in Fig. 3 dargestellte Kennlinie (Block 8) ein Korrekturfaktor K_{by} bestimmt, der multiplikativ mit dem Kompensationslenkwinkel δ an den Hinterrädern verknüpft wird (in Block 12).

[0028] Diese Kennlinie bewirkt, dass bei geringen Querbeschleunigungen, z.B. kleiner 2 m/s² die Kompensation unbeeinflusst bleibt (K_{by} = 1), darüber eine querbeschleunigungsproportionale Abschwächung erfolgt, und bei sehr großen Querbeschleunigung, z.B. oberhalb von 8 m/s² die Kompensation vollständig unterdrückt wird (K_{by} = 0). Dieser Kennlinie liegt die Kenntnis zugrunde, dass bei μ-Split-Bremsungen die auftretenden Querbeschleunigungen sich ungefähr in dem Bereich ± 2 m/s² bewegen.

[0029] Diese Kennlinie allein ist nicht ausreichend. Schwankungen der Querbeschleunigung bei Werten $|b_y| > 2$ m/s² (z.B. Vorzeichenwechsel von b_y beim gebremsten Spurwechsel) führen zu proportionalen Schwankungen des Korrekturfaktors und somit des Hinterradlenkwinkels, die als Unruhe spürbar sind. Nachteilig kommt dazu, dass diese Lenkwinkelschwankungen sich wiederum auf das b_y-Signal auswirken. Eine geeignete Filterung des Korrekturfaktors ist daher notwendig. Sie muss aber gewährleisten, dass beim Aufbau einer Querbeschleunigung eine Abschwächung der GMK (Giermomentenkompensation) schnell erfolgt, jedoch bei bestimmten Fahrmanövern, z.B. Spurwechsel, nicht zu schnell wieder eingegriffen wird. Dies erreicht man mit zwei alternativen Tiefpässen **10** und **11** mit stark unterschiedlicher Zeitkonstante. Die querbeschleunigungsabhängige resultierende Lenkwinkelkorrektur hat damit die in Fig. 1 in den Blöcken 8, 9, 10 und 11 dargestellte Form.

[0030] Typische Werte für die Zeitkonstanten der beiden alternativen Tiefpässe sind 10 ms bzw. 1000 ms.

[0031] Die Blöcke 9, 10 und 11 sollen folgenden Sachverhalt symbolisieren. Steigt die Querbeschleunigung und wird K_{by} kleiner so wird der Tiefpass **10** mit der kleinen Zeitkonstante wirksam, d.h. der Ausgangswert K_{by} folgt dem Eingang aus Block 8 schnell und verkleinert den resultierenden Kompensationswinkel. Nimmt dagegen die Querbeschleunigung ab und damit K_{by} zu, So folgt K_{by} dem Eingangswert aus Block 8 nur verzögert.

[0032] Mit diesen Maßnahmen wird eine Abschwächung der Giermomentenkompensation bei Kurvenbremsungen und gebremsten Spurwechseln auf hohen Reibwerten erreicht. Die verbleibenden Anteile des resultierenden Kompensationswinkels δGMK an den Hinterrädern aus der Kompensation wirken sich nicht mehr nachteilig auf das Fahrverhalten aus.

[0033] Man kann die gemessene Querbeschleunigung durch eine aus den Lenkwinkeln (δ_v, δ_h) und der Fahrzeuggeschwindigkeit (z.B. Tachosignal) nachgebildeten Größe ersetzen. Aus dem bekannten linearen Einspurmodell kann bei stationärer Betrachtung folgender Zusammenhang für die Querbeschleunigung hergeleitet werden:

$$b_{y,stat} = \frac{v_x^2 * (\delta_v - \delta_h)}{l_o} * \frac{1}{1 + (v_x / v_{ch})^2} \qquad (1)$$

[0034] Mit v_x – Fahrzeuglängsgeschwindigkeit
δ_v – Vorderradlenkwinkel
δ_h – Hinterradlenkwinkel
l_o – Radstand
v_{ch} – charakterische Geschwindigkeit
$b_{y,stat}$ – geschätzte stationäre Beschleunigung

[0035] Dabei setzt sich v_{ch} aus den Modellparametern wie folgt zusammen:

$$V_{ch} = \sqrt{\frac{1}{\frac{m}{l_o^2} * \left\{ \frac{l_h}{C_v} - \frac{l_v}{C_h} \right\}}} \qquad (2)$$

[0036] Mit m – Fahrzeugmasse

l_v – Abstand Schwerpunkt – Vorderachse
l_h – Abstand Schwerpunkt – Hinterachse
C_v – Schräglaufsteifigkeit Vorderachse
C_h – Schräglaufsteifigkeit Hinterachse

[0037] Mit den Parametern eines bestimmten Modells ergibt sich hieraus ein Wert für V_{ch} von ca. 20 m/s.

[0038] Bei instationärem Fahrmanöver (gebremster Spurwechsel) zeigt sich, dass die auf Kreisfahrt abgestimmte stationäre Gleichung (1) zu hohe Querbeschleunigungen liefert. Aus diesem Grund wird ein dynamisches Glied (Tiefpass mit Zeitkonstante T_{bys}) nachgeschaltet (Block 13), welches die Fahrzeugdynamik berücksichtigt.

[0039] Bei der Realisierung von Gleichung (1) im Rechner bietet es sich an, den Anteil

$$\frac{v_x^2}{l_o} * \frac{1}{1+(v_x / v_{ch})^2} \qquad (3)$$

als geschwindigkeitsabhängige Kennlinie abzulegen (Block 14). Gleichung (1) reduziert sich damit auf die Interpolation einer Kennlinie (in Block 14) sowie die Multiplikation des Ergebnisses mit der Differenz ($\delta_v - \delta_h$) (in Block 15). Die gesamte Querbeschleunigungskorrektur hat damit die im mittlerem Zweig in **Fig. 1** dargestellte Form.

[0040] In der Schätzung der Querbeschleunigung ist, wie oben dargestellt, der Hinterradlenkwinkel δ_h als Eingangsgröße enthalten. Gleichzeitig wirkt die Schätzung auf einen Teil des Hinterradlenkwinkels, nämlich den GMK-Anteil, zurück. Damit hierbei keine Rückkopplungseffekte auftreten können, wird als Eingangsgröße der Querbeschleunigungsschätzung lediglich der aus sonstiger Hinterradlenk-Steuerung stammende Anteil des Hinterradlenkwinkels berücksichtigt.

[0041] Zur Unterdrückung des verstärkten Eindrehens am Ende einer Kurvenbremsung durch die Giermomentenkompensation wird ein von der Fahrzeuggeschwindigkeit abhängiger Verstärkungsfaktor K_{VX} multiplikativ überlagert.

[0042] Dessen beispielhafter Verlauf ist im Block 16 abgespeichert und in **Fig. 4** dargestellt. oberhalb z. B. von 50 km/h bleibt der Verstärkungsfaktor unverändert auf Eins und im Bereich von z. B. 50 km/h bis 20 km/h wird er kontinuierlich auf Null abgebaut. Diese Maßnahme ist für μ-Split-Bremsungen von untergeordneter Bedeutung, da. Fahrzeuge mit ABS im unteren Geschwindigkeitsbereich keine Beherrschbarkeitsprobleme zeigen.

[0043] Dieser zusätzliche Faktor K_{VX} wird im Multiplizierer 12 multiplikativ berücksichtigt. Der resultierende Kompensationswinkel für die Giermomentenkompensation lautet somit insgesamt:

$$\delta_{GMK} = K_{by} \cdot K_{VX} \cdot \delta$$

Patentansprüche

1. Mit einem Antiblockierregler ausgerüstetes Fahrzeug mit Einzelradlenkung wenigstens an einer Achse, bei dem das bei unterschiedlichem Reibbeiwert (μ) auf den beiden Fahrzeugseiten bei ABS-Regelung auftretende Giermoment zumindest teilweise dadurch kompensiert wird, daß ein von der Differenz (ΔP) der getrennt eingeregelten Bremsdrücke abhängiger Kompensationslenkwinkel (δ) dem Vorderradlenkwinkel überlagert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß
– die Querbeschleunigung (b_y) des Fahrzeugs ermittelt wird, und
– in Abhängigkeit von der Querbeschleunigung (b_y) in einer Korrektureinrichtung ein Korrekturfaktor ermittelt wird, der im Bereich kleiner Querbeschleunigungen Eins ist und sich mit steigender Querbeschleunigung (b_y) kontinuierlich auf Null verkleinert, und
– der Kompensationslenkwinkel (δ) mit diesem Korrekturfaktor beaufschlagt wird.

2. Mit einem Antiblockierregler ausgerüstetes Fahrzeug mit Einzelradlenkung wenigstens an einer Achse, bei dem das bei unterschiedlichem Reibbeiwert (μ) auf den beiden Fahrzeugseiten bei ABS-Regelung auftretende Giermoment zumindest teilweise dadurch kompensiert wird, daß ein von der Differenz (ΔP) der getrennt eingeregelten Bremsdrücke abhängiger Kompensationslenkwinkel (δ) dem Hinterradlenkwinkel überlagert

und/oder am Hinterradlenksystem eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, daß
– die Querbeschleunigung (b_y) des Fahrzeugs ermittelt wird, und
– in Abhängigkeit von der Querbeschleunigung (b_y) in einer Korrektureinrichtung ein Korrekturfaktor ermittelt wird, der im Bereich kleiner Querbeschleunigungen Eins ist und sich mit steigender Querbeschleunigung (b_y) kontinuierlich auf Null verkleinert, und
– der Kompensationslenkwinkel (δ) mit diesem Korrekturfaktor beaufschlagt wird.

3. Fahrzeug nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Korrektureinrichtung eine Filtereinrichtung nachgeschaltet ist, deren Ausgangsgröße (K_{by}) der Eingangsgröße bei abnehmender Ausgangsgröße (K_{by}) schnell folgt und bei zunehmender Ausgangsgröße vergleichsweise langsam folgt, und daß der Kompensationslenkwinkel (δ) mit der Ausgangsgröße (K_{by}) (gefalteter Korrekturfaktor) beaufschlagt wird.

4. Fahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Querbeschleunigung (b_y) gemessen wird.

5. Fahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Querbeschleunigung (b_y) aus dem Lenkwinkel (δ_v, δ_h) oder der Differenz der Lenkwinkel (δ_v, δ_h) und der Fahrzeuggeschwindigkeit (V_x) sowie Konstanten geschätzt wird.

6. Fahrzeug nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der geschätzte Wert über einen Tiefpaß geführt wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

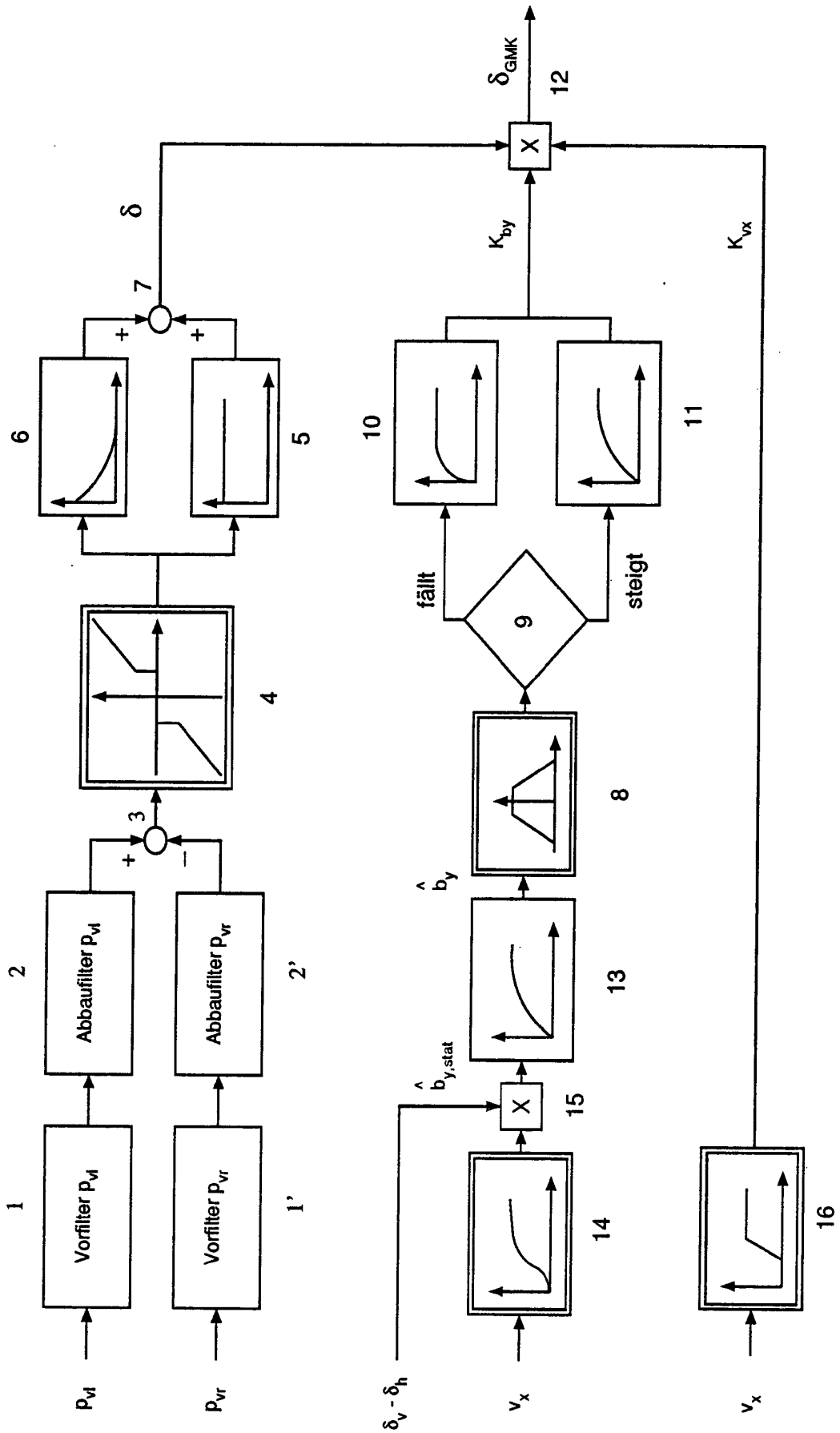


Fig. 1

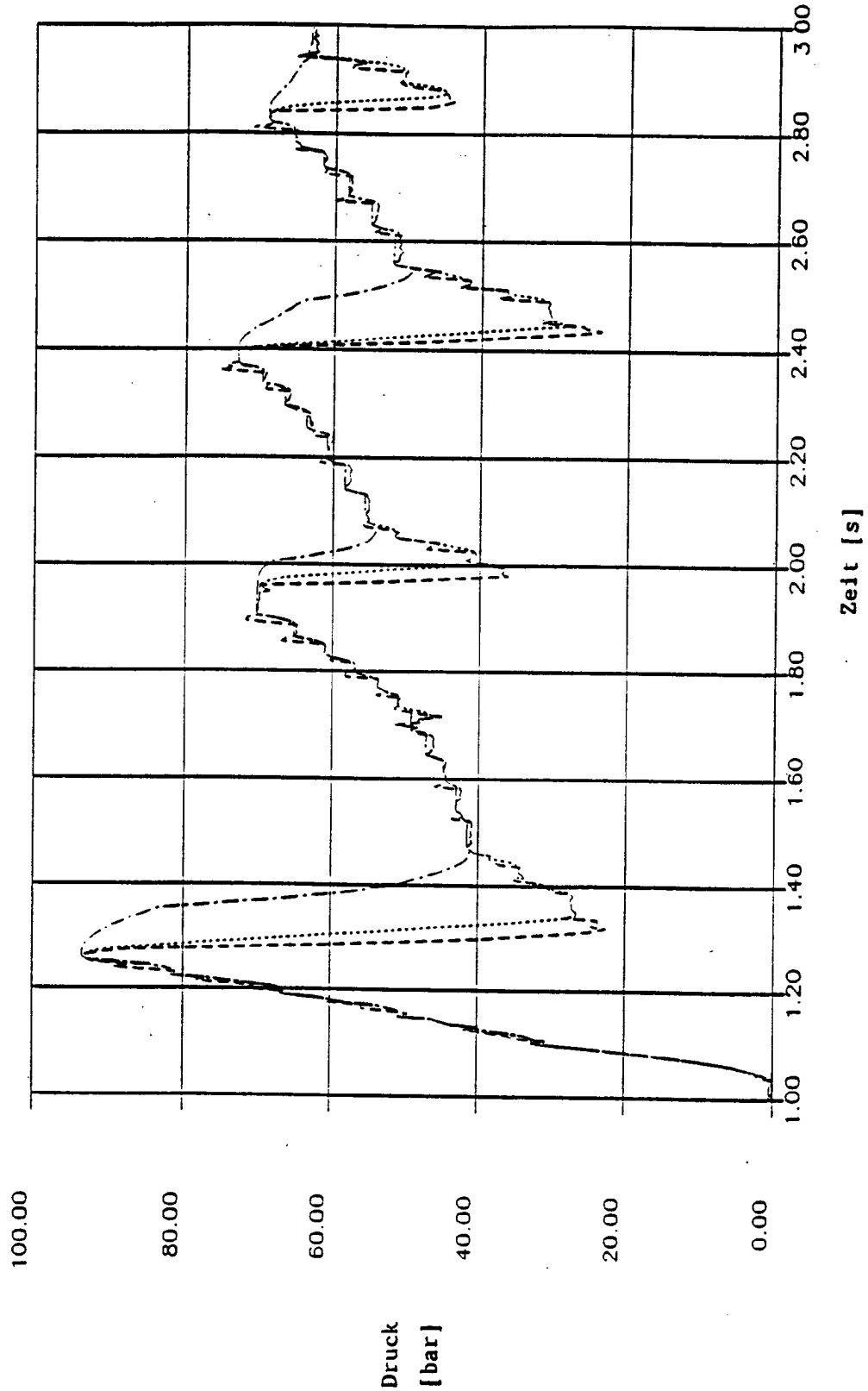

100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
Druck
[bar]
1.00
1.20
1.40
1.60
1.80
2.00
2.20
2.40
2.60
2.80
3.00
Zeit [s]
gemessen
Output 1
Output 2

Fig. 2

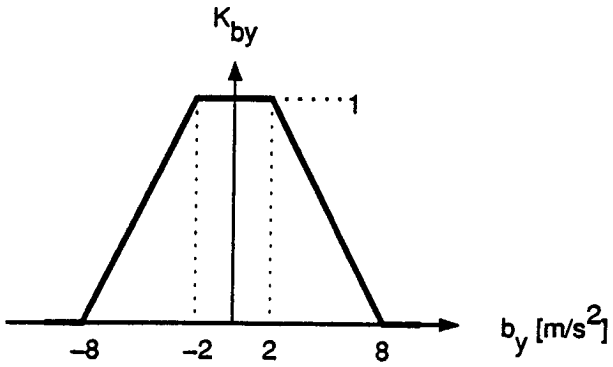


Fig. 3

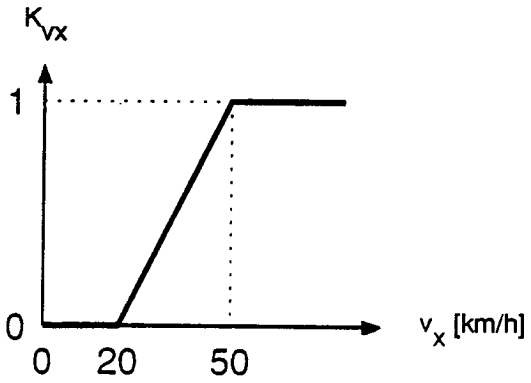


Fig. 4