



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 42 29 504 B4 2007.11.29**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 42 29 504.1**
 (22) Anmeldetag: **04.09.1992**
 (43) Offenlegungstag: **10.03.1994**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **29.11.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B60T 8/1755 (2006.01)**
B60T 8/24 (2006.01)
B60T 8/60 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

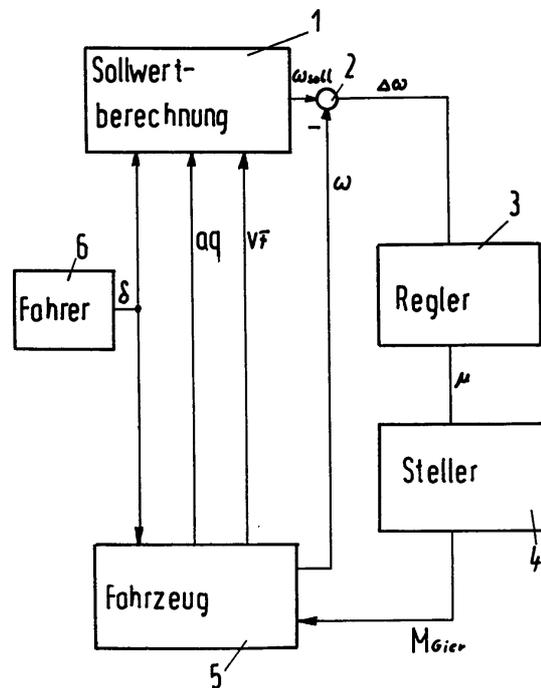
(73) Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Hartmann, Uwe, Dipl.-Ing., 70182 Stuttgart, DE;
Ehret, Thomas, Dipl.-Ing., 77960 Seelbach, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 40 30 724 A1
DE 40 30 704 A1
DE 37 31 756 A1
DE-Buch: Bronstein, J., Semendjajew, K., [u.a.]:
Taschenbuch der Mathematik. 20. Aufl.
Frankfurt/M:
Harri Deutsch, 1979;

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Regelung der Fahrzeugstabilität**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Regelung der Fahrzeugstabilität,
 bei dem der Lenkwinkel (δ), die Fahrzeuggeschwindigkeit (v_f), die Quereschleunigung (a_q) und die Giergeschwindigkeit (ω) ermittelt werden,
 bei dem in Abhängigkeit des Lenkwinkels (δ) und der Fahrzeuggeschwindigkeit (v_f) eine stationäre Sollgiergeschwindigkeit (ω_{soll0}) ermittelt wird,
 bei dem in Abhängigkeit der Quereschleunigung (a_q) und der Fahrzeuggeschwindigkeit (v_f) ein Begrenzungswert (ω_{soll1}) für den Sollwert der Giergeschwindigkeit ermittelt wird,
 bei dem der Sollwert (ω_{soll}) für die Giergeschwindigkeit gemäß einer vorgegebenen Beziehung aus der stationären Sollgiergeschwindigkeit (ω_{soll0}) und dem Begrenzungswert (ω_{soll1}) berechnet wird,
 bei dem eine Abweichung ($\Delta\omega$) zwischen der ermittelten Giergeschwindigkeit (ω) und dem Sollwert (ω_{soll}) für die Giergeschwindigkeit ermittelt wird,
 bei dem in Abhängigkeit der ermittelten Abweichung ($\Delta\omega$) Radschlupfänderungen vorgenommen werden,
 dadurch gekennzeichnet,
 daß der Sollwert der Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) zumindest für einen Betriebszustand des Fahrzeugs größer als der Begrenzungswert (ω_{soll1}) ist und der Sollwert der Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) in diesem zumindest...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 13.

Stand der Technik

[0002] In der DE 37 31 756 A1 wird ein Verfahren zur Regelung der Fahrstabilität eines Fahrzeugs bei Kurvenfahrt beschrieben. Der Regelung liegt ein Grenzwertverlauf der Giergeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Lenkwinkel zugrunde; dieser Verlauf ist auch von der Fahrzeuggeschwindigkeit und vom Reibbeiwert abhängig. Wird ein dem Lenkradeinschlag zugeordneter Grenzwert bei gegebener Fahrzeuggeschwindigkeit und gegebenem Reibbeiwert nicht erreicht, so wird zur Erhöhung der Seitenstabilität Bremsdruck abgebaut.

[0003] Aus der gattungsbildenden DE 40 30 704 A1 ist ein Verfahren zur Verbesserung der Beherrschbarkeit von Kraftfahrzeugen beim Bremsen bekannt. Dabei werden Sollschlupfwerte ermittelt und mit einem ABS eingeregelt.

[0004] Gemessen werden dabei die Giergeschwindigkeit, der Lenkwinkel, die Radgeschwindigkeiten sowie der Vordruck oder Radbremsdruck. Geschätzt werden dabei die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit, die Radschlupfwerte, die Bremskräfte, die Reifenkräfte sowie die Quergeschwindigkeit. Unter Zuhilfenahme eines einfachen Fahrzeugmodells werden daraus Sollschlupfwerte ermittelt.

[0005] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Verbesserung von Stabilität und Lenkbarkeit eines durch eine Fahrdynamikregelung geregelten Fahrzeugs.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß Anspruch 13 gelöst.

Vorteile der Erfindung

[0007] Bei der Erfindung macht man sich die Erkenntnis zu Nutze, dass sich bei Fahrdynamikregelungen zur Verbesserung von Fahrzeugbeherrschbarkeit und Stabilität die Giergeschwindigkeit als besonders geeignete Regelgröße erwiesen hat, da sie mit Sensoren direkt gemessen aber auch abgeschätzt werden kann und durch Änderung der Radschlupfwerte oder der Schräglaufwinkel und damit durch das Aufbringen von Giermomenten gut steuerbar ist.

[0008] Es sind, wie oben gezeigt, bereits Verfahren zur Festlegung eines Sollwertes für die Giergeschwindigkeit bekannt. Das Neue des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass das Fahrzeug nicht nur, wie vom Fahrer gewünscht, auf Lenkwinkelvorgaben reagiert, sondern außerdem einen vom Haftreibbeiwert der Straße abhängigen stabilen Zustand aufrechterhält, bei dem sich der Schwimmwinkel nicht weiter erhöht.

mäßen Verfahrens ist, dass das Fahrzeug nicht nur, wie vom Fahrer gewünscht, auf Lenkwinkelvorgaben reagiert, sondern außerdem einen vom Haftreibbeiwert der Straße abhängigen stabilen Zustand aufrechterhält, bei dem sich der Schwimmwinkel nicht weiter erhöht.

[0009] Die dazu benötigten Messsignale sind wie gesagt, Lenkwinkel δ , Querbeschleunigung a_q , Fahrzeuglängsgeschwindigkeit v_F und als Regelgröße die Giergeschwindigkeit ω .

[0010] Bei der gemessenen Querbeschleunigung ist mit Messfehlern durch die Wankbewegung des Fahrzeugs und dabei auftretenden Gravitationskomponenten zu rechnen. Dies wird beim erfindungsgemäßen Verfahren berücksichtigt.

[0011] Die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit kann mit ausreichender Genauigkeit von bereits bekannten ABS- bzw. ASR-Regelsystemen zur Verfügung gestellt werden.

[0012] Anhand der Zeichnung soll ein Ausführungsbeispiel der Erfindung detailliert beschrieben werden. Es zeigen

[0013] [Fig. 1](#) ein Blockschaltbild einer Fahrdynamikregelung, bei der die erfindungsgemäße Festlegung der Sollgiergeschwindigkeit eingesetzt werden kann.

[0014] [Fig. 2](#) eine Ausbildungsmöglichkeit für die Sollwertberechnung (Block 1) der [Fig. 1](#).

[0015] [Fig. 3](#) der Verlauf der Sollgiergeschwindigkeit gemäß der Erfindung.

[0016] [Fig. 1](#) zeigt wie die hier beschriebene Sollwertberechnung in einem Fahrdynamikregelkonzept eingesetzt werden kann. Eine Sollwertberechnung (Block 1) verarbeitet die Eingangsgrößen Lenkwinkel δ (vom Fahrer (6) vorgegeben), Querbeschleunigung a_q und Fahrzeuggeschwindigkeit v_F . Der Sollwert ω_{soll} wird mit der gemessenen Giergeschwindigkeit ω verglichen (in Vergleich 2) und die Differenz wird einem Regler 3 zugeführt, der geeignete Stellsignale u ausgibt. Ein Steller 4, bei dem es sich z.B. um einen Schlupfregelkreis mit Bremsdruckmodulation (s. DE-A1- 40 30 724) handeln kann, beeinflusst durch Radschlupfänderungen das auf Fahrzeug wirkende Giermoment M_{Gier} , wodurch sich die gemessene Giergeschwindigkeit ω in der gewünschten Weise ändert. Der Regler 3 kann z.B. entsprechend der modellgestützten Regelung der DE-A1 40 30 704 ausgebildet sein.

[0017] Bei der Erfindung werden folgende Rechenoperationen zur Gewinnung der Sollgiergeschwindigkeit durchgeführt:

Zunächst wird eine stationäre Soll-Giergeschwindigkeit berechnet, die vom Lenkwinkel δ und von der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit v_F abhängt.

$$\omega_{\text{soll}0} = \frac{v_F}{L \cdot \left(1 + \frac{v_F^2}{2 v_{CH}^2}\right)} \cdot \delta$$

wobei L der Radstand ist.

[0018] v_{CH} ist dabei die charakteristische Geschwindigkeit des Fahrzeugs, mit der das Maß der Untersteuerungstendenz festgelegt werden kann, ggf. auch abhängig vom Fahrzustand (angetrieben, freierollend, gebremst). Sie kann z.B. 25 m/s betragen.

[0019] Dies geschieht in einem Block **20** der [Fig. 2](#).

[0020] Als weiterer Rohwert für die Soll-Giergeschwindigkeit wird die Größe $\omega_{\text{soll}1}$ berechnet:

$$\omega_{\text{soll}1} = a_q/v_F$$

mit der Querschleunigung a_q .

[0021] $\omega_{\text{soll}1}$ wird betragsgemäß nach unten auf einen Wert begrenzt, der dem niedrigsten auf öffentlichen Straßen vorkommenden Wert für die Querschleunigung bei Kreisfahrten im Grenzbereich entspricht, z.B. 0.7 m/s².

$$\omega_{\text{soll}1} \geq 0.7/v_F \text{ für } \omega_{\text{soll}0} > 0$$

$$\omega_{\text{soll}1} \leq -0.7/v_F \text{ für } \omega_{\text{soll}0} < 0$$

[0022] Diese Bestimmung von $\omega_{\text{soll}1}$ wird in einem Block **21** durchgeführt. Wesentlich für die Erfindung ist die Art, wie diese beiden Werte $\omega_{\text{soll}0}$ und $\omega_{\text{soll}1}$ verwendet werden, um die eigentliche Soll-Giergeschwindigkeit ω_{soll} zu bestimmen.

[0023] Hier die Gleichungen zur Berechnung von ω_{soll} . Zuerst wird in einem Block **22** eine Zwischengröße x ermittelt:

$$x = (\omega_{\text{soll}1}/\omega_{\text{soll}0} - k)^n / (1 - k)^n$$

mit $k = \text{konst}$ und $0 < k < 1$

mit $n = \text{konst}$ und $0 < n$

[0024] Der Parameter k wird fahrzeugabhängig vorgegeben und ist z.B. 0,5.

[0025] Der Exponent n wird fahrzeugabhängig vorgegeben und ist z.B. 0,5 oder 1.

[0026] Die Zwischengröße x wird noch zwischen Null und Eins begrenzt:

$$0 \leq x \leq 1$$

[0027] Ein weiterer Block **23** bildet dann die Soll-Giergeschwindigkeit ω_{soll} gemäß:

$$\omega_{\text{soll}} = x \cdot \omega_{\text{soll}0} + (1 - x) \cdot \omega_{\text{soll}1}$$

[0028] Das bedeutet, dass wenn $\omega_{\text{soll}0}$ kleiner ist als $\omega_{\text{soll}1}$ (alle Werte positiv, für negative Werte gilt entsprechendes), dann ist ω_{soll} gleich $\omega_{\text{soll}0}$, der Sollwert für die Giergeschwindigkeit entspricht also der Fahrervorgabe, es wird nicht im Grenzbereich gefahren. Dies zeigt das Diagramm der [Fig. 3](#) im Bereich I. In [Fig. 3](#) ist ω_{soll} aufgezeichnet, wie es sich aus der obigen Berechnung ergibt, wobei hier eine konstante Fahrzeuggeschwindigkeit v_F und eine konstante Querschleunigung a_q unterstellt ist.

[0029] Ist $\omega_{\text{soll}0}$ größer als $\omega_{\text{soll}1}/k$, bei $k = 0.5$ also z.B. mindestens doppelt so groß, dann wird durch $\omega_{\text{soll}0}$ (entspricht dem Fahrerwunsch) die für ein stabiles Fahrverhalten zulässige Giergeschwindigkeit $\omega_{\text{soll}1}$ weit überschritten und als Sollwert ω_{soll} wird $\omega_{\text{soll}1}$ verwendet (Bereich III der [Fig. 3](#)).

[0030] Dazwischen (Bereich II) folgt ω_{soll} zunächst dem Wert $\omega_{\text{soll}0}$ und wird dann auf $\omega_{\text{soll}1}$ abgesenkt.

[0031] Durch dieses Vorgehen wird folgendes erreicht:

- Bei Fahrten unterhalb des Grenzbereichs ($\omega_{\text{soll}0}$ und $\omega_{\text{soll}1}$ sind ähnlich groß oder $\omega_{\text{soll}0}$ ist kleiner) wirken sich Fehler in der gemessenen Querschleunigung nicht aus, da als Giersollwert überwiegend $\omega_{\text{soll}0}$ verwendet wird. Eine Begrenzung von ω_{soll} auf einen etwa zu kleinen Wert $\omega_{\text{soll}1}$ kann nicht stattfinden. Der Fahrerwunsch wird voll berücksichtigt.
- Ist $\omega_{\text{soll}0}$ deutlich größer als $\omega_{\text{soll}1}$ (Fahrt im Grenzbereich, der Fahrer wünscht einen engeren Kurvenradius als physikalisch möglich ist), dann wird die Soll-Giergeschwindigkeit auf den Wert $\omega_{\text{soll}1}$ begrenzt. Dadurch wird die Fahrzeugstabilität sichergestellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung der Fahrzeugstabilität, bei dem der Lenkwinkel (δ), die Fahrzeuggeschwindigkeit (v_f), die Querschleunigung (a_q) und die Giergeschwindigkeit (ω) ermittelt werden, bei dem in Abhängigkeit des Lenkwinkels (δ) und der Fahrzeuggeschwindigkeit (v_f) eine stationäre Sollgiergeschwindigkeit ($\omega_{\text{soll}0}$) ermittelt wird, bei dem in Abhängigkeit der Querschleunigung (a_q) und der Fahrzeuggeschwindigkeit (v_f) ein Begrenzungswert ($\omega_{\text{soll}1}$) für den Sollwert der Giergeschwindigkeit ermittelt wird, bei dem der Sollwert (ω_{soll}) für die Giergeschwindigkeit gemäß einer vorgegebenen Beziehung aus der

stationären Sollgiergeschwindigkeit (ω_{soll0}) und dem Begrenzungswert (ω_{soll1}) berechnet wird, bei dem eine Abweichung ($\Delta\omega$) zwischen der ermittelten Giergeschwindigkeit (ω) und dem Sollwert (ω_{soll}) für die Giergeschwindigkeit ermittelt wird, bei dem in Abhängigkeit der ermittelten Abweichung ($\Delta\omega$) Radschlupfänderungen vorgenommen werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Sollwert der Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) zumindest für einen Betriebszustand des Fahrzeugs größer als der Begrenzungswert (ω_{soll1}) ist und der Sollwert der Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) in diesem zumindest einen Betriebszustand nicht auf den Begrenzungswert (ω_{soll1}) reduziert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fahrzeugstabilität bei Kurvenfahrt geregelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zumindest eine Betriebszustand, für den der Sollwert der Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) größer als der Begrenzungswert (ω_{soll1}) ist, zumindest durch den Lenkwinkel (δ) charakterisiert ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die ermittelte Abweichung einem Regler (3) zugeführt wird, der in Abhängigkeit der Abweichung Stellsignale (u) für einen Steller (4) ausgibt, wobei die Radschlupfänderungen durch den Steller mit Hilfe von Bremsdruckmodulationen vorgenommen werden, wobei durch die Radschlupfänderungen ein Giermoment auf das Fahrzeug aufgebracht wird, durch welches sich die Giergeschwindigkeit (ω) des Fahrzeuges an den Sollwert für die Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) annähert.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die stationäre Sollgiergeschwindigkeit (ω_{soll0}) mit Hilfe der Beziehung

$$\omega_{soll0} = \frac{v_f}{L \cdot \left(1 + \frac{v_f^2}{v_{ch}^2}\right)} \cdot \delta$$

ermittelt wird, wobei L der Radstand des Fahrzeuges und v_{ch} die charakteristische Geschwindigkeit des Fahrzeuges ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Begrenzungswert (ω_{soll1}) für den Sollwert der Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) mit Hilfe der Beziehung

$$\omega_{soll1} = \frac{aq}{v_f}$$

ermittelt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Begrenzungswert (ω_{soll1}) für den

Sollwert der Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) betragsmäßig nach unten auf einen Wert begrenzt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Begrenzung des Begrenzungswertes (ω_{soll1}) die Quereschleunigung gemäß der Beziehungen

$$aq = aq_{min} \text{ für } aq > 0 \text{ und } aq < aq_{min} \text{ und}$$

$$aq = aq_{min} \text{ für } aq < 0 \text{ und } aq > -aq_{min}$$

vorgegeben wird,

wobei ausgehend von der Quereschleunigung in den sonstigen Fällen der für die Quereschleunigung gemessene Wert beibehalten wird, wobei aq_{min} dem niedrigsten auf öffentlichen Straßen vorkommenden Wert für die Quereschleunigung bei Kreisfahrten im Grenzbereich entspricht.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sollwert für die Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) gemäß der Beziehung

$$\omega_{soll} = x \cdot \omega_{soll0} + (1 - x) \cdot \omega_{soll1}$$

ermittelt wird,

wobei x eine Zwischengröße darstellt, die in Abhängigkeit der stationären Sollgiergeschwindigkeit (ω_{soll0}) und des Begrenzungswertes (ω_{soll1}) für den Sollwert der Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) ermittelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischengröße mit Hilfe der Beziehung

$$x = \left(\frac{\omega_{soll1}}{\omega_{soll0}} - k \right)^n / (1 - k)^n$$

ermittelt wird, wobei sie zwischen 0 und 1 begrenzt wird, und wobei der Parameter k fahrzeugabhängig zwischen 0 und 1 vorgegeben wird, und der Exponent n fahrzeugabhängig größer 0 vorgegeben wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sollwert für die Giergeschwindigkeit (ω_{soll})

– bei niedrigem Lenkwinkel (δ) linear mit dem Lenkwinkel (δ) ansteigt,

– bei großem Lenkwinkel (δ) auf den Begrenzungswert (ω_{soll1}) für den Sollwert der Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) begrenzt wird, und

– dazwischen einen Übergangsbereich aufweist, in welchem der Sollwert für die Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) zunächst der stationären Sollgiergeschwindigkeit (ω_{soll0}) folgt und dann auf den Begrenzungswert (ω_{soll1}) für den Sollwert der Giergeschwindigkeit abgesenkt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß für den Fall, bei dem die stationäre Sollgiergeschwindigkeit (ω_{soll0}) kleiner als der Begrenzungswert

wert (ω_{soll1}) für den Sollwert der Giergeschwindigkeit ist, als Sollwert für die Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) die stationäre Giergeschwindigkeit (ω_{soll0}) verwendet wird,

daß für den Fall, bei dem die stationäre Sollgiergeschwindigkeit größer als der durch einen fahrzeugabhängigen Parameter (k) dividierte Begrenzungswert (ω_{soll1}) für den Sollwert der Giergeschwindigkeit ist, wobei der fahrzeugabhängige Parameter (k) kleiner als 1 ist, als Sollwert für die Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) der Begrenzungswert (ω_{soll1}) für den Sollwert der Giergeschwindigkeit verwendet wird, und daß in einem Übergangsbereich der Sollwert für die Giergeschwindigkeit (ω_{soll}) zunächst der stationären Sollgiergeschwindigkeit (ω_{soll0}) folgt und dann auf den Begrenzungswert (ω_{soll1}) für den Sollwert der Giergeschwindigkeit abgesenkt wird.

13. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

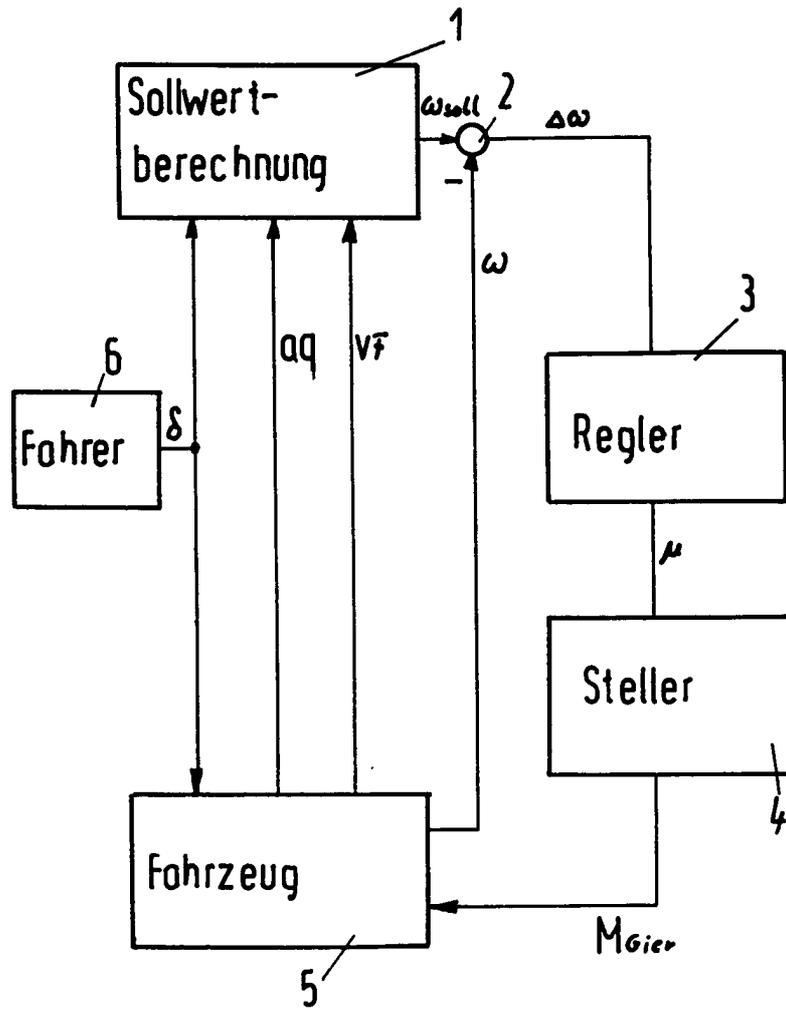


Fig.1

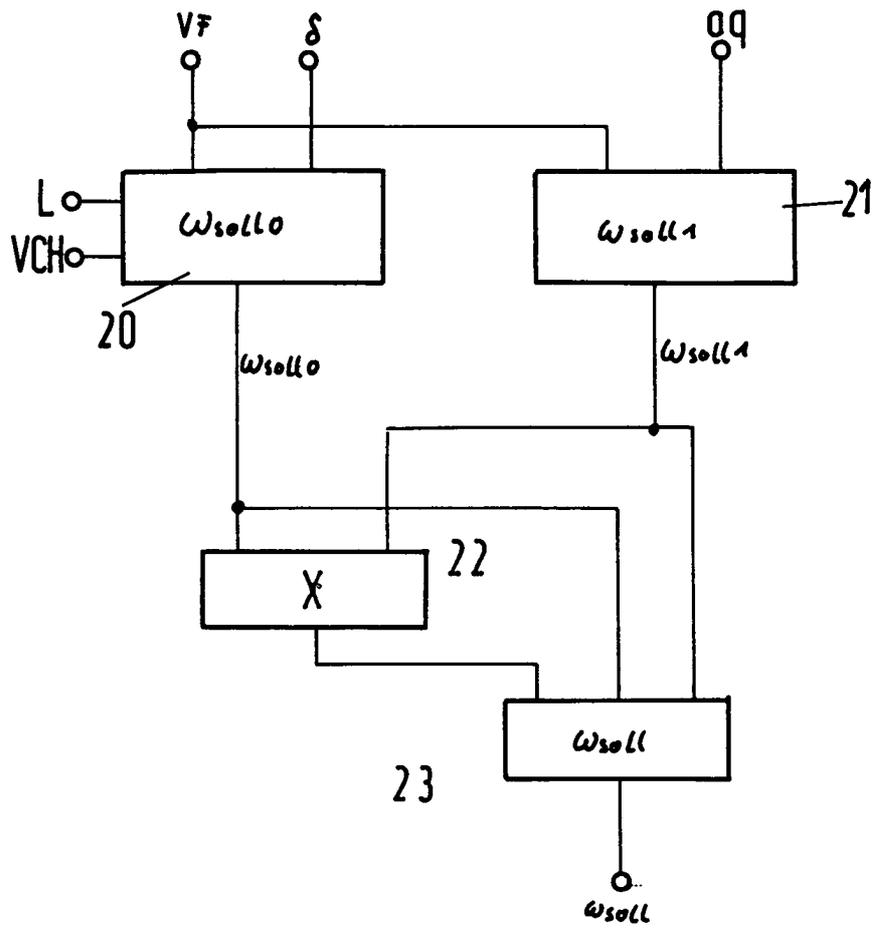
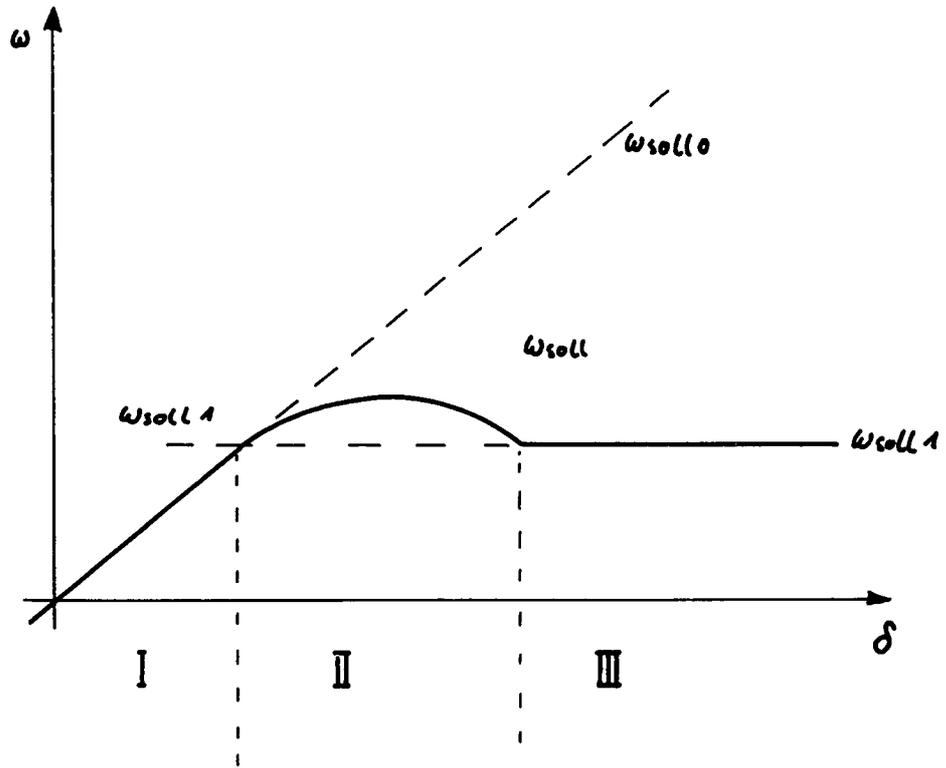


Fig.2



für $v_f = \text{const.}$
 $oq = \text{const.}$

Fig.3