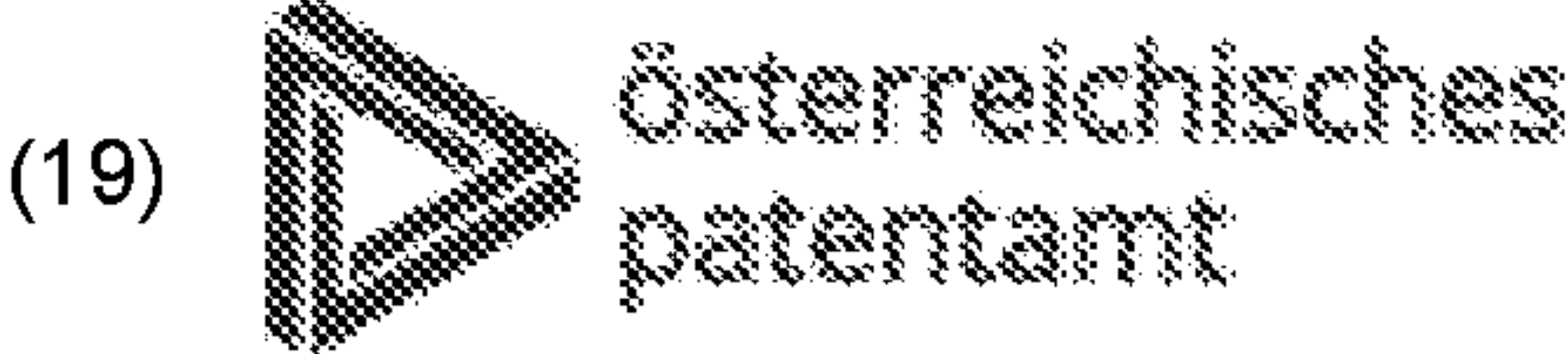




(10) **AT 522588 B1 2020-12-15**

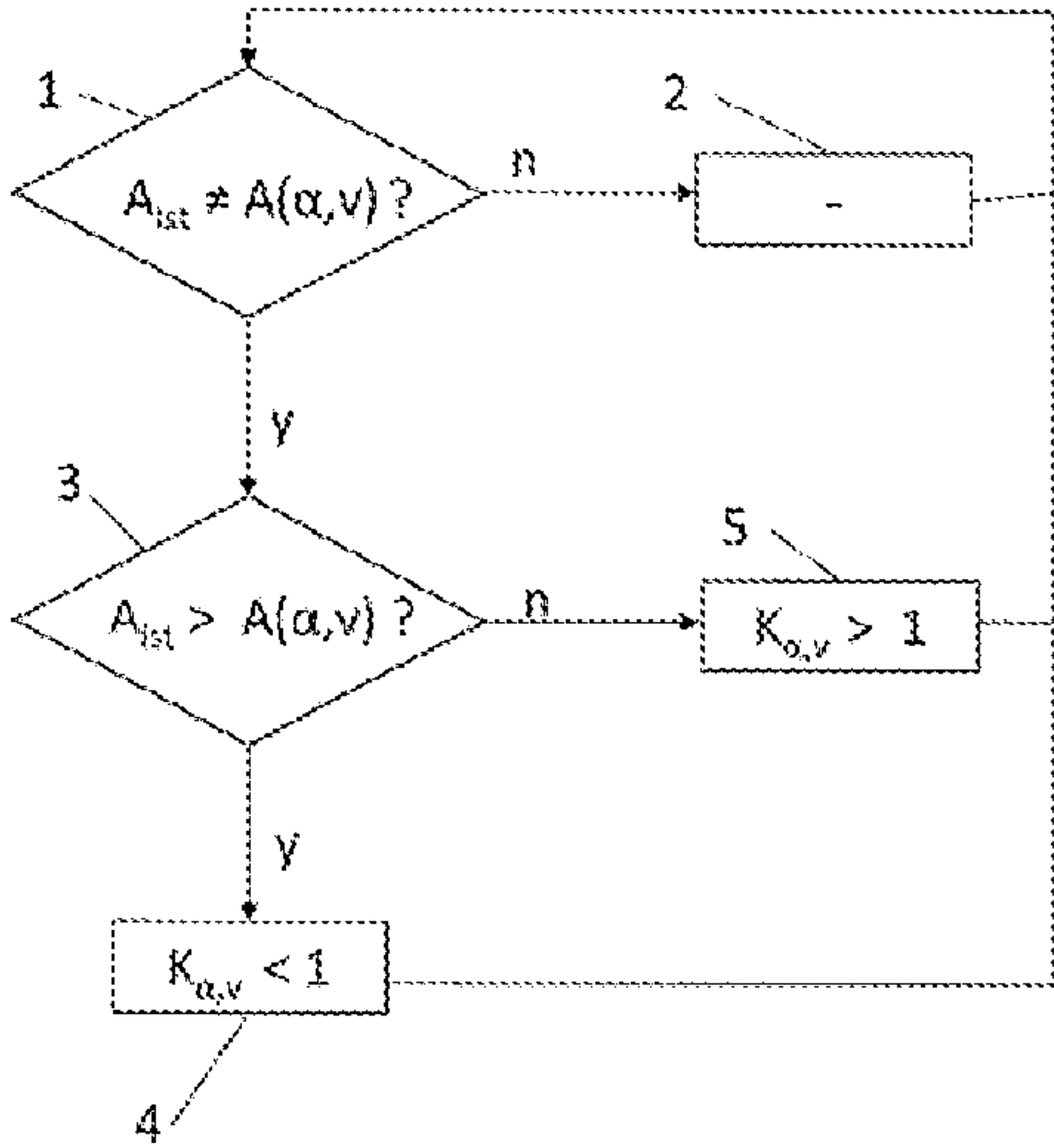
(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 51142/2019 (51) Int. Cl.: **B62D 6/00** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 20.12.2019
(45) Veröffentlicht am: 15.12.2020

(56) Entgegenhaltungen: US 2016016591 A1 US 2012046806 A1 US 5710704 A US 5710705 A	(73) Patentinhaber: AVL LIST GMBH 8020 GRAZ (AT) (72) Erfinder: Haydl Andreas Dipl.Ing. 8521 Wettnannstätten (AT) (74) Vertreter: Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag. 1080 Wien (AT)
---	---

(54) **VERFAHREN ZUR KORREKTUR EINER GIERRATE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Korrektur einer Gierrate bei einem – insbesondere autonom betreibbaren – Fahrzeug, wobei eine aktuelle Ist-Gierrate (A_{ist}) ermittelt wird und zumindest ein Lenkungswinkel (α) bei Abweichung der Ist-Gierrate (A_{ist}) von einer aus einer Normal-Gierrate ($A_{\alpha,v}$) ermittelten Soll-Gierrate ($A(\alpha, v)$) mittels eines Lenkungsreglers korrigiert wird, wobei zumindest eine Normal-Gierrate ($A_{\alpha,v}$) des Fahrzeuges aufgrund zumindest einer definierten Fahrzeuggeschwindigkeit (v), eines Lenkwinkelinputs (α) und eines definierten Fahrzeuggewichtes bestimmt und eine Basisabstimmung der Reglerparameter des Lenkungsreglers durchgeführt wird. Zur Entlastung des Lenkungsreglers ist vorgesehen, dass zumindest ein für eine Abweichung der Ist-Gierrate (A_{ist}) von der Soll-Gierrate ($A(\alpha, v)$) bestimmter Korrekturwert ($K_{\alpha,v}$) für den Lenkwinkelinput (α) einem Vorsteuerwert (W) für den Lenkungsregler zugeordnet wird und die Stellgröße des Lenkungsreglers mit dem Vorsteuerwert (W) beaufschlagt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Korrektur einer Gierrate bei einem - insbesondere autonom betreibbaren - Fahrzeug, wobei eine aktuelle Ist-Gierrate ermittelt wird und zumindest ein Lenkungswinkel bei Abweichung der Ist-Gierrate von einer aus einer Normal-Gierrate ermittelten Soll-Gierrate mittels eines Lenkungsreglers korrigiert wird, wobei zumindest eine Normal-Gierrate des Fahrzeuges aufgrund einer Fahrzeuggeschwindigkeit, eines Lenkwinkelinputs und eines Fahrzeuggewichtes bestimmt und eine Basisabstimmung der Reglerparameter des Lenkungsreglers durchgeführt wird.

[0002] Die Gierrate bezeichnet die Winkelgeschwindigkeit der Drehung eines Fahrzeuges um die Hochachse.

[0003] Aus der DE 10 2008 011 017 A ist eine Fahrzeugsteuerungseinrichtung zum Steuern des Fahrzeugverhaltens bekannt, welche eine Lenkwinkelsteuerungseinrichtung zum Korrigieren eines Lenkwinkels auf der Basis der zulässigen Antriebskräfte der einzelnen Antriebsräder aufweist. Die Lenkwinkelsteuerungseinrichtung berechnet auf der Basis der zulässigen Antriebskräfte der einzelnen Räder ein Giermoment, welches aufgrund einer Differenz der Antriebskräfte zwischen einem linken und einem rechten Rad auftritt.

[0004] Die WO 2016/121546 A1 offenbart eine Fahrzeugsteuerungseinrichtung, welche eine Berechnungseinrichtung zur Berechnung einer normalen Gierrate aufgrund der Fahrzeuggeschwindigkeit und eines Lenkwinkels aufweist. Weiters weist die Fahrzeugsteuerungseinrichtung eine Berechnungseinrichtung zur Berechnung eines Sollgiermomentes aufgrund einer Abweichung zwischen einer normalen Gierrate und einer aktuellen Gierrate auf. Eine Giermomentregelung dient dazu ein Sollgiermoment durch Antriebs- oder Bremskraftbefehle für jedes Rad bereitzustellen. Eine ähnliche Fahrzeugsteuereinrichtung ist aus der US 9,296,418 B2 bekannt.

[0005] Ändert sich die der Basisabstimmung der Steuerungseinrichtung zugrunde liegende Fahrzeugkonfiguration oder ändert sich das Fahrzeuggewicht im Vergleich zu dem der Basisabstimmung zugrunde liegenden Fahrzeuggewicht, so sind bei denn bekannten Fahrzeugsteuerungseinrichtung ständig Regeleingriffe erforderlich, was was den Regler belastet und sich nachteilig auf die Regelgeschwindigkeit und die Lebensdauer des Lenkregelers auswirkt.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Entlastung des Lenkungsreglers zu erzielen.

[0007] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass zumindest ein bei Abweichung der Ist-Gierrate von der Soll-Gierrate bestimmter Korrekturwert für den Lenkwinkelinput einem Vorsteuerwert für den Lenkungsregler zugeordnet wird und die Stellgröße des Lenkungsreglers mit dem Vorsteuerwert beaufschlagt wird.

[0008] Ein Vorsteuerwert einer Vorsteuerung eines Reglers ist ein Wert mit dem eine Stellgröße des Reglers beaufschlagt wird, wobei der Vorsteuerwert unabhängig von den Zuständen der Regelstrecke und daraus resultierenden Messungen ist.

[0009] Dadurch, dass die Korrektur des Lenkwinkelinputs als Vorsteuerung durchgeführt wird, wird der Lenkungsregler wesentlich entlastet. Die Stellgröße des Lenkungsreglers kann dabei additiv oder multiplikativ mit dem Vorsteuerwert beaufschlagt werden.

[0010] Der Korrekturwert wird vorteilhafterweise für verschiedene Fahrgeschwindigkeiten und/oder Lenkwinkel ermittelt und Vorsteuerwerten zugeordnet, wobei vorzugsweise der Korrekturwert in einem Korrekturkennfeld und/oder der Vorsteuerwert in einem Vorsteuerkennfeld als Funktion der Fahrgeschwindigkeit und/oder des Lenkwinkelinputs abgespeichert wird/werden.

[0011] Eine Ausführungsvariante der Erfindung sieht dabei vor, dass der Vorsteuerwert in einem selbstlernenden Prozess ermittelt und/oder nachjustiert wird.

[0012] Korrekturen mittels Vorsteuerwerten eignen sich vor allem für alle Abweichungen, die auf statische Ursachen, beispielsweise Änderungen in der Ausstattung des Fahrzeuges und/oder Gewichtes, zurückzuführen sind. Daher wird in einer Ausführungsvariante der Erfindung vor der

Zuordnung des Korrekturwertes zu dem Vorsteuerwert - vorzugsweise vor der Speicherung des Korrekturwertes in einem Korrekturkennfeld - geprüft, ob die Abweichung der Ist-Gierrate von der Soll-Gierrate über eine definierte Zeitdauer anhält und/oder wiederholt bei der entsprechenden Geschwindigkeit und dem entsprechenden Lenkwinkelinput auftritt. Eine Zuordnung des Korrekturwertes zu dem Vorsteuerwert wird nur dann durchgeführt, wenn die Abweichung der Ist-Gierrate von der Soll-Gierrate über eine definierte Zeitdauer anhält und/oder wiederholt bei der entsprechenden Geschwindigkeit und dem entsprechenden Lenkwinkelinput auftritt.

[0013] Die Erfindung wird im Folgenden an Hand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, wobei in der Fig. das erfindungsgemäße Verfahren schematisch dargestellt ist.

[0014] Während des Entwicklungsprozesses des Fahrzeuges wird eine Basisabstimmung der Reglerparameter des Lenkungsreglers vorgenommen. Dabei wird für ein nicht verschlossenes Fahrzeug - beispielsweise für ein Fahrzeug im Auslieferungszustand mit Serienbereifung - eine Messung der sich ergebenden Normal-Gierrate $A_{\alpha,v}$ in rad/sec über der Fahrzeuggeschwindigkeit v und dem Lenkwinkelinput α durchgeführt und diese sich ergebende Normal-Gierrate $A_{\alpha,v}$ als Soll-Gierrate $A(\alpha, v)$ als Funktion des Lenkwinkelinputs α und der Fahrzeuggeschwindigkeit v abgespeichert:

$\alpha^\circ \backslash v \text{ km/h}$	10	20	30	40	50	60	...	...	200
5°	$A_{5,10}$	$A_{5,20}$	$A_{5,30}$	$A_{5,40}$	$A_{5,50}$	$A_{5,60}$	...	...	$A_{5,200}$
10°	$A_{10,10}$	$A_{10,20}$	$A_{10,30}$	$A_{10,40}$	$A_{10,50}$	$A_{10,60}$	...	...	$A_{10,200}$
15°	$A_{15,10}$	$A_{15,20}$	$A_{15,30}$	$A_{15,40}$	$A_{15,50}$	$A_{15,60}$	...	...	$A_{15,200}$
30°	$A_{30,10}$	$A_{30,20}$	$A_{30,30}$	$A_{30,40}$	$A_{30,50}$	$A_{30,60}$	...	...	$A_{30,200}$
45°	$A_{45,10}$	$A_{45,20}$	$A_{45,30}$	$A_{45,40}$	$A_{45,50}$	$A_{45,60}$	...	...	$A_{45,200}$
60°	$A_{60,10}$	$A_{60,20}$	$A_{60,30}$	$A_{60,40}$	$A_{60,50}$	$A_{60,60}$	...	...	$A_{60,200}$
90°	$A_{90,10}$	$A_{90,20}$	$A_{90,30}$	$A_{90,40}$	$A_{90,50}$	$A_{90,60}$	...	...	$A_{90,200}$

[0015] Bei der Umsetzung im realen Fahrbetrieb fährt ein Fahrzeug beispielsweise mit einer Geschwindigkeit v von 50 km/h und der Lenkwinkelinput α beträgt 30°. Dabei wird aber nur eine Ist-Gierrate A_{ist} des Fahrzeuges gemessen, die $0,9 \cdot A_{30,50}$ beträgt. Eine kurzfristige Abweichung der Ist-Gierrate A_{ist} von der Soll-Gierrate Soll-Gierrate $A(\alpha, v)$ kann auf kurzfristige Einflüsse - wie etwa Wind oder Fahrzeugneigung - zurückzuführen sein, welche dynamisch durch den Lenkungsregler ausgeglichen werden können. Bei einer langfristigen Abweichung der Ist-Gierrate A_{ist} von der Soll-Gierrate Soll-Gierrate $A(\alpha, v)$ können Ausstattungsunterschiede, beispielsweise unterschiedlicher Reifenfabrikate, Reifentypen, Reifengrößen, Felgengrößen und/oder eine Änderung im Fahrzeuggewicht die Ursache sein. Derartige Einflüsse müssten konventionell durch den Lenkungsregler ständig regeltechnisch ausgeglichen werden, was diesen zusätzlich stark belastet.

[0016] Die Erfindung geht stattdessen einen anderen Weg:

[0017] Wenn ausgeschlossen werden kann, dass die Abweichung auf eine kurzzeitige dynamische Einflussgröße - beispielsweise auf Windeinfluss oder Fahrbahnneigung - zurückzuführen ist, so wird in einem Korrekturkennfeld zum Beispiel an der Stelle $v=50 \text{ km/h}$ und $\alpha = 30^\circ$ ein erhöhender Korrekturwert $K_{\alpha,v} = K_{30,50}$ eingetragen:

$\alpha^\circ \backslash v \text{ km/h}$	10	20	30	40	50	60	...	...	200
5°	$K_{5,10}$	$K_{5,20}$	$K_{5,30}$	$K_{5,40}$	$K_{5,50}$	$K_{5,60}$	...	...	$K_{5,200}$
10°	$K_{10,10}$	$K_{10,20}$	$K_{10,30}$	$K_{10,40}$	$K_{10,50}$	$K_{10,60}$	...	...	$K_{10,200}$
15°	$K_{15,10}$	$K_{15,20}$	$K_{15,30}$	$K_{15,40}$	$K_{15,50}$	$K_{15,60}$	...	...	$K_{15,200}$
30°	$K_{30,10}$	$K_{30,20}$	$K_{30,30}$	$K_{30,40}$	$K_{30,50}$	$K_{30,60}$	...	...	$K_{30,200}$
45°	$K_{45,10}$	$K_{45,20}$	$K_{45,30}$	$K_{45,40}$	$K_{45,50}$	$K_{45,60}$	...	...	$K_{45,200}$
60°	$K_{60,10}$	$K_{60,20}$	$K_{60,30}$	$K_{60,40}$	$K_{60,50}$	$K_{60,60}$	...	...	$K_{60,200}$
90°	$K_{90,10}$	$K_{90,20}$	$K_{90,30}$	$K_{90,40}$	$K_{90,50}$	$K_{90,60}$	...	...	$K_{90,200}$

[0018] Dieser Korrekturwert $K_{\alpha,v} = K_{30,50}$ wird beim nächsten Mal, wenn das Fahrzeug wieder mit einer Geschwindigkeit v von 50 km/h und einem Lenkwinkelinput α von 30° betrieben wird, einem Vorsteuerwert W zugeordnet für die Stellgröße des Lenkungsreglers zugeordnet und dieser Vorsteuerwert W entweder additiv oder multiplikativ auf den Lenkwinkelinput α aufgerechnet. Dies bedeutet, dass das Regelsystem des Lenkungsreglers als Stellgrößenausgang für den Lenkwinkelinput α mehr als 30° ausgibt und sich so an die Soll-Gierrate $A_{30,50}$ in diesem Punkt „heranlernt“. Im Falle eines Überschwingens oder einer zu hohen Ist-Gierrate A_{ist} lernt das Regelsystem entsprechend in die andere Richtung.

[0019] Im Entwicklungsprozess wird also die Fahrzeuggierrate gemessen und dieser Sollwert $A(\alpha, v)$ für die Gierrate als Funktion des Lenkwinkelinputs α und der Fahrzeuggeschwindigkeit v abgelegt. Im Fahrzeugbetrieb wird die Fahrzeuggierrate gemessen und als Istwert A_{ist} der Gierrate in % vom Sollwert $A(\alpha, v)$ abgelegt.

[0020] Zeigt der Abgleich zwischen Sollwert $A(\alpha, v)$ und Istwert A_{ist} der Gierrate eine Abweichung, zum Beispiel von z.B. 10% vom Sollwert $A(\alpha, v)$, also etwa $0,9 \cdot A(\alpha, v)$, so muss der Lenkwinkelinput α angehoben werden, um den Sollwert $A(\alpha, v)$ zu erreichen.

[0021] In der ersten Näherung wird der Lenkwinkelinput α um einen applizierbaren Wert angehoben auf den korrigierten Lenkwinkelinput α_{corr} . Der korrigierte Lenkwinkelinput α_{corr} wird an das Lenksystem ausgegeben, um für die gegebene Fahrzeuggeschwindigkeit den Sollgierrate $A(\alpha, v)$ zu erreichen.

[0022] Sollte beim nächsten Lenkvorgang der Istwert A_{ist} für die Gierrate unter dem Sollwert $A(\alpha, v)$ liegen, wird der Lenkwinkelinput α weiter angehoben. Sollte beim nächsten Lenkvorgang der Istwert A_{ist} für die Gierrate über dem Sollwert $A(\alpha, v)$ liegen, wird der Lenkwinkelinput α reduziert.

[0023] In der Fig. sind die wesentlichen Schritte des Verfahrens im Fahrbetrieb schematisch dargestellt. Im Schritt 1 wird geprüft, ob der Istwert A_{ist} der Gierrate vom entsprechenden Sollwert $A(\alpha, v)$ abweicht. Falls keine Abweichung festzustellen ist, ist keine Aktion notwendig (Bezugszeichen 2). Ergibt die mit Bezugszeichen 3 angedeutete Abfrage $A_{ist} > A(\alpha, v)$, dass der Istwert A_{ist} der Gierrate größer ist als der entsprechende Sollwert $A(\alpha, v)$ abweicht, so wird ein entsprechender Korrekturwert $K_{\alpha,v} < 1$ für den Lenkwinkelinput α im Korrekturfeld eingetragen. Ist der Istwert A_{ist} der Gierrate kleiner als der entsprechende Sollwert $A(\alpha, v)$, so wird ein entsprechender Korrekturwert $K_{\alpha,v} > 1$ für den Lenkwinkelinput α im Korrekturfeld eingetragen.

[0024] Das erfindungsgemäße Verfahren kann immer dann zum Einsatz gelangen, wenn zwischen dem Lenkwinkelinput und dem Stellwinkel der angelenkten Räder ein Stellglied existiert.

- Der Lenkwinkelinput kann manuell durch den Fahrer oder automatisiert zum Beispiel durch ein autonomes System erfolgen.

- Das Stellglied kann eine hydraulische, elektrische, elektro-hydraulische, pneumatische oder jede andere Art einer kontrollierbaren Kontrolle zur Umsetzung von Lenkwinkel auf Anstellwinkel der gelenkten Räder sein.
- Die positive Korrektur (Anhebung der Gierrate) oder negative Korrektur (Reduktion der Gierrate) durch das Verfahren wird von dem Stellglied zusätzlich zum Grundaussgabewert additiv oder multiplikativ umgesetzt.

[0025] Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens können Abweichungen von der Soll-Gierrate zur Ist-Gierrate korrigiert werden.

[0026] Solche Abweichungen können ihre Ursachen haben in:

- Unterschiedlichen Räder-/Reifenkombinationen (Breite, Durchmesser, Winterreifen/Sommerreifen);
- Reifenverschleiß;
- allgemeiner Verschleiß (zum Beispiel erhöhtes Lenkungsspiel, Spiel in den Traggelenken, etc.);
- unterschiedliche Ausstattungsvarianten können ein abweichendes Fahrzeuggesamtgewicht von dem des Basisfahrzeuges und somit eine geänderte Gierrate verursachen;
- unterschiedliche Beladungszustände;

[0027] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann der Regelaufwand und der Verschleiß des Lenkungsreglers wesentlich verringert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Korrektur einer Gierrate bei einem - insbesondere autonom betreibbaren - Fahrzeug, wobei eine aktuelle Ist-Gierrate (A_{ist}) ermittelt wird und zumindest ein Lenkwinkel (α) bei Abweichung der Ist-Gierrate (A_{ist}) von einer aus einer Normal-Gierrate ($A_{\alpha,v}$) ermittelten Soll-Gierrate ($A(\alpha, v)$) mittels eines Lenkungsreglers korrigiert wird, wobei zumindest eine Normal-Gierrate ($A_{\alpha,v}$) des Fahrzeuges aufgrund zumindest einer definierten Fahrzeuggeschwindigkeit (v), eines Lenkwinkelinputs (α) und eines definierten Fahrzeuggewichtes bestimmt und eine Basisabstimmung der Reglerparameter des Lenkungsreglers durchgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein für eine Abweichung der Ist-Gierrate (A_{ist}) von der Soll-Gierrate ($A(\alpha, v)$) bestimmter Korrekturwert ($K_{\alpha,v}$) für den Lenkwinkelinput (α) einem Vorsteuerwert (W) für den Lenkungsregler zugeordnet wird und die Stellgröße des Lenkungsreglers mit dem Vorsteuerwert (W) beaufschlagt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Korrekturwert ($K_{\alpha,v}$) in einem Korrekturkennfeld und/oder der Vorsteuerwert (W) in einem Vorsteuerkennfeld als Funktion der Fahrgeschwindigkeit (v) und/oder des Lenkwinkelinputs (α) abgespeichert wird/werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vorsteuerwert (W) in einem selbstlernenden Prozess ermittelt und/oder nachjustiert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stellgröße des Lenkungsreglers additiv oder multiplikativ mit dem Vorsteuerwert (W) beaufschlagt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor der Zuordnung des Korrekturwertes zu dem Vorsteuerwert (W) - vorzugsweise vor der Speicherung des Korrekturwertes in einem Korrekturkennfeld - geprüft wird, ob die Abweichung der Ist-Gierrate (A_{ist}) von der Soll-Gierrate ($A(\alpha, v)$) über eine definierte Zeitdauer anhält und/oder wiederholt bei der entsprechenden Geschwindigkeit (v) und dem entsprechenden Lenkwinkelinput (α) auftritt, und eine Zuordnung des Korrekturwertes zu dem Vorsteuerwert (W) nur dann durchgeführt wird, wenn die Abweichung der Ist-Gierrate (A_{ist}) von der Soll-Gierrate ($A(\alpha, v)$) über eine definierte Zeitdauer anhält und/oder wiederholt bei der entsprechenden Geschwindigkeit (v) und dem entsprechenden Lenkwinkelinput (α) auftritt.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

