

(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
21. August 2003 (21.08.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/068573 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: B60T 8/00,
B60K 28/16, 23/08, G01P 3/50

[DE/DE]; Alte Knocke 8, 35085 Ebsdorfergrund (DE).
CASPARI, Roland [DE/DE]; Kalkentalstr. 4-6, 60489
Frankfurt, 60489 Frankfurt (DE). STASTNY, Karel
[DE/DE]; Katharina-Petr.-Str. 13, 65936 Frankfurt (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/01417

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. Februar 2003 (13.02.2003)

(74) Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL TEVES AG
& CO. OHG; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt am Main
(DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): DE, JP, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

(30) Angaben zur Priorität:
102 06 108.4 13. Februar 2002 (13.02.2002) DE

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US*): CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG
[DE/DE]; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt am Main
(DE).

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.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): SCHNEIDER, Gerold

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING AN UPWARD JOURNEY FOR ALL-WHEEL DRIVE VEHICLES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG EINER BERGFABRT FÜR FAHRZEUGE MIT ALLRADANTRIEB

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining an upward journey of an all-wheel drive vehicle, whereby vehicle acceleration is determined and gravitational acceleration is measured. The invention is characterised by the following steps in order to improve the precision of the determination of the vehicle reference speed in all-wheel drive vehicles: determination of the acceleration on the secondary axle (Tc4wdHaAcc) from one or two wheel velocities; determination of the declination (Slope) between the acceleration on the secondary axle (Tc4wdHaAcc) and the measured acceleration (LoSenAcc); filtering the determined declination (SlopFilt) with a time constant (T1SLOPE), comparison of the declination (Slope) to the filtered declination (SlopFilt), determination of the driving situations which display the states 'traction control active' or 'traction control inactive', determination of the gradient depending on the comparative results and the driving situation.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der Bergfahrt eines allradgetriebenen Fahrzeugs, wobei eine Fahrzeugbeschleunigung ermittelt und die Erdbeschleunigung gemessen wird. Um die Genauigkeit der Ermittlung der Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit bei allradgetriebenen Fahrzeugen zu verbessern, ist die Erfindung durch die folgenden Schritte gekennzeichnet: Ermitteln der Beschleunigung an der sekundären Achse (Tc4wdHaAcc) aus einer oder beiden Radgeschwindigkeiten; Ermitteln der Abweichung (Slope) zwischen der Beschleunigung an der sekundären Achse (Tc4wdHaAcc) und der gemessenen Beschleunigung (LoSenAcc); Filtern der ermittelten Abweichung (SlopFilt) mit einer Zeitkonstanten (T1SLOPE); Vergleichen der Abweichung (Slope) mit der gefilterten Abweichung (SlopFilt); Ermitteln von Fahrsituationen, die die Zustände "Antriebsschlupfregelung aktiv" oder "Antriebsschlupfregelung nicht aktiv" wiedergeben; Bestimmen der Steigung in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis und von der Fahrsituation.

WO 03/068573 A2

Verfahren zur Ermittlung einer Bergfahrt für Fahrzeuge mit Allradantrieb

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung einer Bergfahrt für Fahrzeuge mit Allradantrieb, wobei eine Fahrzeugbeschleunigung ermittelt und eine Beschleunigung des Fahrzeugs gemessen wird.

Moderne Kraftfahrzeuge sind mit unterschiedlichsten elektronischen Systemen zur Steuerung und Regelung des Fahrverhaltens ausgestattet. Beispiele sind Bremskraftregelsysteme (ABS), Fahrstabilitätsprogramme (ESP) und Antriebsschlupfregelungssysteme (ASR, BTCS oder TCS). Die Steuerungsprogramme, die in der Elektronik dieser Systeme vorhanden sind, werten je nach Ausführung eine Vielzahl von Sensoren, die in das Kraftfahrzeug eingebaut sind, aus. Dies sind z.B. Raddrehzahl-, Längsbeschleunigungs-, Querbearbeitungs- und Drehratensensoren. Bei einer Antriebsschlupfregelung wird durch die Elektronik dafür gesorgt, dass bei starker Beschleunigung des Fahrzeugs die das Fahrzeug beschleunigenden Räder nicht durchdrehen. Das kann zum Einen durch Abbremsen des durchdrehenden Rades geschehen und/oder durch Drosselung der Antriebsleistung (Motormomentenreduktion).

In der DE-A 3809101 ist ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Steuerung eines ASR-Systems mit Bremsen- und Motoreingriff beschrieben. Bei diesem Verfahren wird zur Antriebsschlupfregelung die Radbremse eingesetzt und/oder in die Steuerung des Antriebsmotors eingegriffen. Die Antriebsschlupfregelung greift hierzu u. a. auf übliche Komponenten der ohnehin vorhandenen Antiblockiereinrichtung (ABS) zu. Die Kommunikation mit den benötigten Fahrzeugkomponenten (beispielsweise Motor) kann über einen an sich bekannten Fahrzeugdatenbus (CAN) erfolgen. Hierbei werden zur Durchführung des Verfahrens Sensoren zur Ermittlung des Raddrehverhaltens durch Schaltkreise zur Signalverarbeitung ausgewertet und Stellsignale zur Erzeugung von elektromagnetischen Hydraulikventilen erzeugt, die eine Steuerung der Bremskraft ermöglichen. Die Elektronik des Systems benötigt zur Berechnung der erforderlichen Stellgröße die sog. Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit V_{ref} . Diese Größe wird gradientengestützt in der Regel durch die Radgeschwindigkeit des langsamsten Rads bestimmt. Der Gradient wird dabei aus dem aktuellen Motormoment und dem Fahrzeugleergewicht ermittelt. Der errechnete Gradient entspricht dabei der theoretischen Fahrzeugbeschleunigung auf Hochreibwert in der Ebene. Besitzen die Fahrzeuge mit Allradantrieb einen Beschleunigungssensor (G-Sensor), so wird dieser zusätzlich zur Gradientenbestimmung herangezogen. Es wird hierbei das Maximum aus errechnetem und gemessenem Gradienten ermittelt. Treten besondere Fahrsituationen auf, so kann es vorkommen, dass eines oder mehrere Räder nicht mehr die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit wiedergeben, da eines der Räder durchdreht. In diesem Fall ist es üblich, dass das durchdrehende Rad nicht zur Bildung der Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit V_{ref} herangezogen wird.

Bei allradgetriebenen Fahrzeugen tritt darüber hinaus das Problem auf, dass alle Räder Antriebsschlupf aufweisen können, so dass im Antriebsfall kein Maß für die Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit, die üblicherweise aus den Radgeschwindigkeiten ermittelt wird, vorliegt und z.B. eine Bergabfahrt nicht vom Antriebsschlupf unterschieden werden kann. Bei einachsigen angetriebenen Fahrzeugen kann dieses Problem im Antriebsfall nicht auftreten, da zumindest die nicht angetriebene Achse keinen Antriebsschlupf aufweisen kann. Deren Räder können somit immer als Maß für die Referenzgeschwindigkeit verwendet werden.

Aus der DE 197 32 554 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Geschwindigkeit eines allradgetriebenen Fahrzeugs bekannt. Hier werden einzelne Radbeschleunigungen zum herrschenden Motormoment in Beziehung gesetzt und untereinander verglichen, um ggf. den Zustand, dass alle Räder durchdrehen, zunächst erkennen und dann Abhilfen treffen zu können. Nachteil dieses Verfahrens ist, dass aus verschiedenen Gründen die Erkennungsschwellen zur Vermeidung von Fehlerkennungen vergleichsweise grob gewählt werden müssen, so dass die Erkennung nicht sehr genau ist und eine Fahrbahnsteigung im wesentlichen unberücksichtigt bleibt.

Wenn Situationen auftreten, in denen die Radgeschwindigkeiten alleine nicht mehr zur zuverlässigen Bestimmung der Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit ausreichen, werden Ersatzstrategien verwendet. Mit bekannten Ersatzstrategien lassen sich einzelne Probleme lösen, beispielsweise wenn ein Fahrer auf niedrigem Reibwert mit durchdrehenden Rädern fährt oder wenn unter bestimmten Bedingungen bei der Bergabfahrt, insbesondere bergab, beschleunigt wird. Die ersatzweise ermittelte Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit wird dann

zunehmend ungenau, wenn die Zustände zusammen auftreten, und es besteht das Bedürfnis, auch diese Probleme zu lösen, die entstehen, wenn beispielsweise bei einer Bergabfahrt bei einem Allradfahrzeug ein instabiler Radlauf auftritt.

Bei den vorstehend erwähnten elektronischen Systemen zur Steuerung des Fahrzeugverhaltens wird der Einfluss einer Bergfahrt nur unzureichend oder gar nicht berücksichtigt. Bei Gefällefahrten liegt die tatsächliche Fahrzeugbeschleunigung höher als die errechnete Fahrzeugbeschleunigung $[f(\text{Motoment, Fahrzeugmasse})]$ und die gemessene Fahrzeugbeschleunigung (G- bzw. Beschleunigungs-Sensor zeigt um den Steigungsanteil verfälschten Beschleunigungswert an). Zum Kompensieren des Gefälles wurde bisher unter bestimmten Bedingungen zum berechneten Gradienten ein fester Anteil oder ein fester Gradient hinzuaddiert. Diese Art einer Steigungskorrektur ist notwendig, um bei Bergabfahrten eine zu niedrige Referenzgeschwindigkeit auszuschließen. Sie ist jedoch an Bedingungen geknüpft, die zu Nachteilen bei unterschiedlichen Fahrbahnoberflächen führen können.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Ermittlung einer Steigung und ein Verfahren zur Anpassung der Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit an die ermittelte Steigung anzugeben, die zuverlässig und mit geringem Aufwand zu richtigen Ergebnissen führen.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Abhängige Ansprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung gerichtet.

Neben der Ermittlung der Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit aus den Signalen eines oder zweier Radsensoren an der sekundären Achse, wird mittelbar oder unmittelbar aus den

Radsignalen die Fahrzeugbeschleunigung, insbesondere die Fahrzeuglängsbeschleunigung, ermittelt und diese in einer vergleichenden Betrachtung zu einer mit einem Sensor gemessenen Beschleunigung in Beziehung gesetzt. Als sekundäre Achse wird die Fahrzeugachse bezeichnet, die bei einem Fahrzeug mit Allradantrieb zugeschaltet werden kann. Dabei wird der Effekt ausgenutzt, dass bei einer Bergfahrt die Differenz von Achsbeschleunigung und G-Sensorbeschleunigung die Steigung anzeigt. Es gilt die Beziehung

$$\text{Steigung (Slope)} = \text{Achsbeschleunigung (aus den Raddrehzahlen)} - \text{gemessene Beschleunigung (G-Sensor)}$$

Da die Radbeschleunigung in direkten Bezug zu der Fahrzeugbeschleunigung gesetzt wird, ist die ermittelte Steigung nur bei schlupffreiem Lauf der Räder richtig. Es werden daher „stabile“ Räder bestimmt und situationsabhängig die tatsächliche Steigung ermittelt.

Der Erkennung von stabilen Rädern liegt die Erkenntnis zugrunde, dass sich die Steigungsverläufe von Fahrbahnen nur relativ langsam ändern. Daher wird nur der niederfrequente Anteil aus dem ermittelten Signal für die Steigung (Slope) verwendet. Das Extrahieren des niederfrequenten Anteils wird durch Filtern der Steigung mit einer Zeitkonstanten $T_{1\text{slope}}$ in einen Tiefpassfilter 1ter Ordnung realisiert.

$$\text{Gefilterte Steigung (SlopeFilt)} = \text{PT1_Filt}(\text{Slope})$$

Mit den beiden Signalen „Steigung“ und „gefilterte Steigung“ wird eine Güteabschätzung bezüglich stabiler Räder und damit der ermittelten Steigung durchgeführt. Die Güteabschätzung und die Ermittlung der Steigung erfolgt dabei in Abhängigkeit von der jeweiligen Fahrsituation, nämlich

ob die Antriebsschlupfregelung aktiv oder nicht aktiv ist bzw. das Fahrzeug sich in einer Antriebsschlupfregelung befindet oder nicht.

Als Maß für die Güte wird eine erste zulässige Varianz (SlopeVar) durch Filtern des Vergleichsergebnisses aus Steigung und gefilterte Steigung gebildet. Dabei wird die erste Varianz durch Tiefpassfilterung aus der quadratischen Abweichung von der aktuellen (Slope) und gefilterten Abweichung (SlopeFilt) ermittelt. Weiterhin wird ein Schwellenwert $Tcs0_est_slope_var_limit$ der Varianz empirisch ermittelt und bei der Lern- bzw. Erkennungsstrategie für „stabiles Raddrehverhalten“ berücksichtigt. Liegt der ermittelte Wert der ersten Varianz unterhalb des Schwellenwerts, so wird von stabilem Raddrehverhalten ausgegangen, wenn die Antriebsschlupfregelung nicht aktiv ist. Die ermittelte Steigung kann für die Bestimmung der Steigung SlopeFilt oder einer abgesicherten Steigung SlopeSave und der damit verbundenen Gradientenanpassung verwendet werden.

Befindet sich das System in einer aktiven Antriebsschlupfregelung, d.h. in einer ASR Motorregelung bzw. BTCS Bremsenregelung, kann die Plausibilisierung aufgrund von externen Störgrößen, wie z.B. die Fahrbahnoberfläche beschreibenden Größen (Niedrigreibwert, z.B. Eis) zu Ergebnissen führen, die stabile Verhältnisse widerspiegeln, obwohl instabile Radläufe vorliegen. Daher wird bei aktiver Antriebsschlupfregelung immer von einem instabilen Raddrehverhalten ausgegangen und eine Steigung nur nach bestimmten Regeln (linguistischen Termen) zugelassen. Mit Hilfe der Regeln wird eine zum Beispiel auf Niedrigreibwert falsch geschätzte Steigung vermieden. Hierzu wird vorteilhaft eine zweite Varianz (TorqueVar) ermittelt, die die Beschleunigung der sekundären Achse in Abhängigkeit vom Motormoment

wiedergibt. Dabei wird die zweite Varianz (TorqueVar) zusammen mit der ersten Varianz (SlopeVar) bewertet. Bei einer Fahrsituation, bei der die Antriebsschlupfregelung aktiv ist, kann dann in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Bewertung eine extern verursachte, das Fahrzeug antreibende Größe (Hangabtriebskraft bei Bergfahrt) von einer, einen instabilen Radlauf erzeugenden Größe (Überschussmoment bei Niedrigreibwert) unterschieden werden. Hierzu wird ein Schwellenwert `Tcs0_est_torque_var_limit` der zweiten Varianz (TorqueVar) empirisch ermittelt und bei der Lern- bzw. Erkennungsstrategie für „stabiles Raddrehverhalten“ berücksichtigt. Liegt der ermittelte Wert der zweiten Varianz in einem bestimmten Verhältnis zu dem Wert der ersten Varianz so wird von einem stabilen Raddrehverhalten ausgegangen, wenn die Antriebsschlupfregelung aktiv ist. Die Überprüfung bzw. Plausibilisierung, ob die Beschleunigung an der sekundären Achse (`Tc4wdHaAcc`) die tatsächliche Fahrzeugbeschleunigung wiedergibt, erfolgt dadurch, dass ermittelt wird, ob der ermittelte Wert der zweiten Varianz (TorqueVar) z.B. den 1,5 bis 2,5-fachen Wert der ersten Varianz (SlopeVar) erreicht oder überschreitet. Bei Erfüllung der Bedingungen „zweite Varianz (TorqueVar) = 1,5 bis 2,5 * erste Varianz (SlopeVar) und erste Varianz SlopeVar < `Tcs0_est_slope_var_limit`, wird der gefilterten Abweichung (SlopeFilt) als wahre Steigung vertraut und die abgesicherte Steigung (SlopeSave) dieser nachgeführt.

Um Fehler in der Ermittlung der Steigung auszuschließen, wird vorteilhaft bei aktiver Antriebsschlupfregelung das Erlernen der Steigung beendet, wenn die erste Varianz (SlopeVar) und die zweite Varianz (TorqueVar) mindestens einen unteren Schwellenwert `Tcs0_est_slope_var_limit` und/oder `Tcs0_est_torque_var_limit` erreichen oder unterschreiten, wobei der jeweilige Schwellenwert der Varianzen gleich oder

unterschiedlich sein kann. Erreichen bzw. unterschreiten die erste Varianz (SlopeVar) und die zweite Varianz (TorqueVar) den Schwellenwert `Tcs0_est_slope_var_limit`, wird die Lern- bzw. Erkennungsstrategie beendet, um das System des Antriebsschlupfreglers anzuregen. Zur Anregung wird das Motormoment über den Motorregler moduliert.

Das Verfahren sieht vorteilhaft vor, dass bei instabilem Radverhalten eine abgesicherte Steigung (SlopeSave) zugelassen wird, wenn das instabile Radverhalten durch die Beziehung „erste Varianz (SlopeVar) \geq `Tcs0_est_slope_var_limit`“ ermittelt bzw. angezeigt wird.

Dabei wird die abgesicherte Steigung (SlopeSave) in Abhängigkeit von der gefilterten Abweichung (SlopeFilt) gebildet. Die abgesicherte Steigung wird dabei mit einem Vertrauensfaktor `MyOfSlope` gewichtet, der vorzugsweise in Abhängigkeit von dem durch die Antriebsschlupfregelung angeforderten Motormoment, dem aktuellen Motormomentenverlauf, der ersten Varianz, dem Abstand des schnellsten und langsamsten Rades zueinander, der betragsmäßigen Abweichung der geschätzten Steigung (SlopeFilt) und der frequenzbegrenzten Steigung (SlopeFilt) ermittelt wird.

Ist die Steigung gesichert ermittelt worden, erfolgt eine Anpassung bzw. Modifikation der Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit an die Fahrsituation. Hierzu wird zu dem Referenzgradient der Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit ein von der ermittelten Steigung abgeleiteter Gradient hinzuaddiert, d.h. um die ermittelte Steigung angehoben.

Ein Ausführungsbeispiel ist in der Zeichnung dargestellt und wird im Folgenden näher beschrieben.

Es zeigen

Fig. 1 ein Schema Lern- bzw. Erkennungsstrategie auserhalb der Antriebsschlupfregelung

Fig. 2 ein Schema der Lern- bzw. Erkennungsstrategie bei aktiver Antriebsschlupfregelung

Der Steigungsoffset $Grad_{Steigung}$ setzt sich aus zwei Anteilen zusammen, der geschätzten Steigung $C_{STEIGUNG}$ und einer Sicherheitskonstante C_{SICH} . Ist der Beschleunigungs- bzw. G-Sensor defekt, kann keine Steigung geschätzt werden.

Nach einer kurzen Darstellung der verwendeten Basissignale wird die Ermittlung von $C_{STEIGUNG}$ dargestellt. Abschließend finden sich Informationen zur Berechnung der Sicherheitskonstante.

• Basissignale

Bei dem hier gewählten, nicht rekursiven Ansatz, wird als Schätzwert für die Steigung die Differenz von der Beschleunigung der Räder der sekundären Achse, z.B. der Hinterräder Tc4wdHaAcc, und der G-Sensorbeschleunigung LoSenACC nach der Beziehung

$$\text{Slope} = \text{Tc4wdHaAcc} - \text{LoSenACC}$$

genommen, wobei Slope die geschätzte Steigung bei einem vorwärtsfahrenden Fahrzeug wiedergibt.

Damit Slope als Schätzwert für die Steigung verwendbar ist, muss Tc4wdHaAcc die wahre Fahrzeugbeschleunigung wieder spiegeln. Dies gilt aber nur bei stabil laufenden Rädern der sekundären Achse. Laufen die Räder nicht stabil, d.h. befinden sich die Räder im Schlupf, so ist die wahre Steigung unbekannt.

Funktionsbeschreibung

Die zur Steigungsermittlung für Fahrzeuge verwendete Lern- bzw. Erkennungsstrategie erfolgt mindestens in Abhängigkeit von zwei Fahrsituationen, die die Zustände „Antriebsschlupfregelung aktiv“ oder „Antriebsschlupfregelung nicht aktiv“ wiedergeben. Figur 1 zeigt dabei die Lern- bzw. Erkennungsstrategie außerhalb der Antriebsschlupfregelung. Diese verwendet zur Erkennung von stabil laufenden Rädern eine Plausibilisierung der Momentansteigung Slope. Dabei wird ausgenutzt, dass Steigungsverläufe von Strassen sich nur begrenzt schnell ändern können. Zur Plausibilisierung von Slope wird das Signal mit einer Zeitkonstanten von $T1_{SLOPE} = k_1[\text{msec}]$ mit einem PT1-Filter erster Ordnung gefiltert und mit der Steigungsänderung Slope verglichen. Weicht Slope stark von SlopeFilt ab, ändert sich Slope stärker als die Steigung normaler Strassen, kann bei starken Abweichungen auf instabile Räder geschlossen werden. Als Maß für die Abweichung wird die Varianz von Slope verwendet, die sich aus einer Tiefpassfilterung der quadratischen Abweichung von aktueller und gefilterter Steigung mit $T1_{VAR} = k_2[\text{msec}]$ ergibt. Bei $SlopeVar \leq$ dem Schwellenwert Tcs0_est_slope_var_limit ist SlopeFilt als Steigungsschätzwert verwendbar, das bedeutet, dass stabile Räder vorliegen und dass folglich Tc4wdHaAcc die wahre Fahrzeugbeschleunigung widerspiegelt. Damit wird das Signal SLOPE_STAB==1 gesetzt. Der Schwellen-

wert $Tcs0_est_slope_var_limit$ wird empirisch festgelegt. In diesem Fall kann man direkt den Schätzwert $SlopeFilt$ oder wahlweise den später noch beschriebenen Wert $SlopeSave$ als $C_{Steigung}$ nehmen. Ist jedoch $SlopeVar \geq Tcs0_est_slope_var_limit$, so können instabil laufende Räder vorliegen. $C_{Steigung}$ wird dann immer auf die abgesicherte Steigung $SlopeSave$ gesetzt, deren Ermittlung in einem späteren Abschnitt beschrieben wird.

Figur 2 zeigt die Lern- bzw. Erkennungsstrategie bei aktiver Antriebsschlupfregelung. Diese Strategie weist im Gegensatz zu den zwei Unterscheidungskriterien „Steigungsvarianz klein“ bzw. „Steigungsvarianz groß“ bei nicht aktiver Antriebsschlupfregelung vier Unterscheidungskriterien auf, die auf der Einbeziehung einer auf dem Motormoment basierten zweiten Varianz $TorqueVar$ beruhen. Diese zweiten Varianz $TorqueVar$ ist ein Maß für die Anregung des Systems, das für die Steigungsschätzung ausreichend angeregt sein muss, um das Geschwindigkeitsmuster von Rädern auf Eis von dem einer Bergabfahrt zu trennen. $TorqueVar$ ist so ausgelegt, dass $SlopeVar$ und $TorqueVar$ auf Eis einen ähnlichen Verlauf, auf Hochreibwert aber einen unterschiedlichen Verlauf zeigen.

Da $TorqueVar$ nur für Eis mit $SlopeVar$ übereinstimmen soll, sind die folgenden Annahmen für die Berechnung von $TorqueVar$ zulässig:

1. Es wird eine konstante Vortriebskraft \bar{F}_v abgesetzt. In diesem Fall ist auch die Fahrzeugbeschleunigung $LoSenACC$ konstant bei ACC_{const}
2. Der Antriebsstrang ist starr und nicht schwingungsfähig. Die Tägheitsmasse J ist bekannt.

Drückt man die Beschleunigung an der sekundären Achse in Abhängigkeit vom Motormoment nach der Beziehung

$$Tc4wdHaAcc \sim \frac{ActTorque}{J} - \frac{\bar{F}_v r_{eff}}{J}$$

aus und bestimmt den Arbeitspunkt des Motorreglers als tiefpassgefiltertes Signal 1ter Ordnung des Motormoments so ergibt sich die Varianz TorqueVar aus der Ableitung der Beziehungen

$$Slope = Tc4wdHaAcc - LoSenACC \quad \text{mit} \quad Tc4wdHaAcc \sim \frac{ActTorque}{J} - \frac{\bar{F}_v r_{eff}}{J}$$

so dass $Slope = \frac{ActTorque}{J} - \frac{\bar{F}_v r_{eff}}{J} - LoSenACC$, wobei die Kon-

stantanteile ACC_{const} , $\bar{F}_v r_{eff} / J$ ohne Einfluss auf die Varianz sind. Unter den obigen Annahmen kann man „SlopeVar“ nur in Abhängigkeit vom Motormoment ausdrücken, denn es gilt

Tc4wdHaAcc ist proportional zu $\frac{ActTorque}{J}$.

Ein hohes TorqueVar bei gleichzeitig niedrigen SlopeVar deutet dann auf stabile Räder hin (Figur2, Quadrant 11). Dahingegen vermutet man, wie Figur 2 zeigt, instabile Räder, generell bei großem SlopeVar unabhängig von TorqueVar (Quadranten 12, 13). Bei niedrigen TorqueVar und niedrigen SlopeVar, ist keine Entscheidung auf stabile oder instabile Räder möglich (Quadrant 14). In diesem Fall muss die Steigungsschätzung gesperrt werden, bis das System wieder ausreichend angeregt ist.

Als ausreichend angeregt gilt das System, wenn SlopeVar alleine aufgrund der Momentenmodulation die Schwelle $Tcs0_est_slope_var_limit$ auf Eis sicher überschreiten würde. Hierzu muss die zweite, auf dem Motormoment basierende Varianz $TorqueVar$ auch $> Tcs0_est_slope_var_limit$ sein. Durch die Modulation des Motormoments über die Größe „TorqueExcit“ gehen bei Niedrigreibwerten z.B. die Räder der sekundären Achse in den Schlupf. Dabei stellen sich Beschleunigungswerte der Räder ein, die erheblich über der Fahrzeugbeschleunigung liegen, d.h. die Radbeschleunigungen folgen im Wesentlichen der Modulation des Motormoments. Findet die Modulation des Motormoments dagegen zu einem Zeitpunkt der Bergabfahrt auf Hochreibwert statt, folgt die Fahrzeugbeschleunigung im Wesentlichen den Radbeschleunigungen, d.h. die Radbeschleunigungen folgen der Modulation des Motormoments nicht. TorqueExcit kann dabei als minimale Momentenänderung für eine ausreichende Systemanregung verstanden werden.

Unterschreitet die erste Varianz SlopeVar die Lernschwelle $Tcs0_est_slope_var_limit$ (Übergang von Quadrant 11 zu Quadrant 14), dann wird eine Momentenmodulation erzwungen, indem das System nach unten auf einen unter dem minimalen Wert von der Größe TorqueExcit gesteuert wird. Das System wird hierdurch wieder aktiv angeregt.

• Steigungsoffset $C_{Steigung}$

In Abhängigkeit von SlopeVar ergibt sich damit die in der nachfolgende Tabelle zusammengefasste Berechnungsvorschrift für $C_{Steigung}$:

	TCS-Regelung nicht aktiv	TCS-Regelung aktiv
SlopeVar < Tcs0_est_slope_var_limit	$C_{steigung} = \text{SlopeFilt}$ oder SlopeSave	$C_{steigung} = \text{SlopeSave}$
SlopeVar >= Tcs0_est_slope_var_limit	$C_{steigung} = \text{SlopeSave}$	

Tabelle 1: Steigungsoffset $C_{steigung}$

SlopeSave ermittelt sich aus den Signalen der letzten Steigung die man bei stabilen Rädern erlernt hat, folglich aus SlopeFilt und über einen Vertrauensfaktor MyOfSlope, der eine Größe wiedergibt, wie stark SlopeSave der gefilterten Steigungsänderung SlopeFilt nachgeführt wird. Mit anderen Worten, MyOfSlope gibt einen Faktor an, wie stark ich dem ermittelten Signal SlopeFilt traue, dass es den tatsächlichen Steigungswert wiedergibt. Je stärker ich dem Wert SlopeFilt traue, um so stärker führe ich SlopeSave diesem gefilterten Steigungswert nach.

Die Gewichtung MyOfSlope ist so zu wählen:

- dass eine zu hohe geschätzte Steigung auf Niedrigreibwerten vermieden wird,
- eine Steigungskorrektur bei Bergabfahrten mit überdrehenden Rädern während einer Gefällstrecke noch möglich ist
- Dauerregelungen bei Bergabfahrten durch Nachführen der Steigung beendet werden können

Das Vertrauensmaß MyOfSlope wird für zwei zu unterscheidenden Fälle ermittelt. Diese Fälle sind:

- a. ASR-Motorregelung und
- b. außerhalb der ASR-Motorregelung.

Der Vertrauensfaktor MyOfSlope bestimmt sich aus den vorstehend beschriebenen Lernbedingungen (Funktionsbeschreibung), d.h. außerhalb der ASR-Motorregelung muss die

- c. erste Varianz SlopeVar klein sein ($Tc4wdHaAcc \approx ACC_{Rader}$)
- d.h. während einer ASR-Motorregelung müssen die
- d. erste Varianz SlopeVar klein sein ($Tc4wdHaAcc \approx ACC_{Rader}$)
- e. zweite Varianz TorqueVar groß sein ($TorqueVar \approx SlopeVar$ (auf Niedrigreibwert) oder $TorqueVar > SlopeVar$ (bei Bergabfahrt))
- f. und weitere linguistischen Terme erfüllt sein, wie der Abstand des schnellsten Rades zu dem langsamsten Rad muss bezüglich der Geschwindigkeit bestimmten Kriterien genügen, das durch die Antriebsschlupfregelung angeforderten Motormoment, der aktuellen Motormomentenverlauf, die erste Varianz SlopeVar, die betragsmäßigen Abweichung der geschätzten Steigung (Slope) und der frequenzbegrenzten Steigung (SlopeFilt) müssen bestimmten Kriterien genügen u.dgl.

MyOfSlope berechnet sich aus den Fuzzy Mengen in Abhängigkeit von den vorstehenden Kriterien.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Ermittlung einer Bergfahrt für Fahrzeuge mit Allradantrieb, wobei eine Fahrzeugbeschleunigung ermittelt und eine Beschleunigung des Fahrzeugs gemessen wird
gekennzeichnet durch die Schritte
Ermitteln der Beschleunigung an der sekundären Achse (Tc4wdHaAcc) aus einer oder beiden Radgeschwindigkeiten
Ermitteln der Abweichung (Slope) zwischen der Beschleunigung an der sekundären Achse (Tc4wdHaAcc) und der gemessenen Beschleunigung (LoSenAcc)
Filtern der ermittelten Abweichung (SlopFilt) mit einer Zeitkonstanten ($T1_{SLOPE}$)
Vergleichen der Abweichung (Slope) mit der gefilterten Abweichung (SlopFilt)
Ermitteln von Fahrsituationen, die die Zustände „Antriebsschlupfregelung aktiv“ oder „Antriebsschlupfregelung nicht aktiv“ wiedergeben
Ermitteln der Steigung in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis und von der Fahrsituation.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steigung mittels mindestens einer ersten zulässigen Varianz (SlopeVar) durch Filtern des Vergleichsergebnisses ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Varianz (SlopeVar) durch Tiefpassfilterung aus der quadratischen Abweichung von der aktuellen (Slope) und gefilterten Abweichung (SlopeFilt) ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Schwellenwert „Tcs0_est_slope_var_limit“ der ersten Varianz (SlopeVar) empirisch ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Fahrsituation, bei der die Antriebsschlupfregelung nicht aktiv ist und bei der die erste Varianz (SlopeVar) \leq dem Schwellenwert Tcs0_est_slope_var_limit ist, als Steigung der Wert der gefilterten Abweichung (SlopeFilt) oder einer abgesicherten Steigung (SlopeVar) zugelassen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine zweite Varianz (TorqueVar) ermittelt wird, die die Beschleunigung der sekundären Achse in Abhängigkeit vom Motormoment wiedergibt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Varianz (TorqueVar) und die erste Varianz (SlopeVar) bewertet werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Fahrsituation, bei der die Antriebsschlupfregelung aktiv ist, in Abhängigkeit von der Bewertung der ersten und zweiten Varianz eine extern verursachte, das Fahrzeug antreibende oder einen instabilen Radlauf wiedergebende Größe (Bergabfahrt, Fahrt auf Eis etc.) ermittelt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Schwellenwert Tcs0_est_torque_var_limit der zweiten Varianz (TorqueVar) empirisch ermittelt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Überprüfung, ob die Beschleunigung an der sekundären Achse (Tc4wdHaAcc) die tatsächliche Fahrzeugbeschleunigung wiedergibt, ermittelt wird, ob der ermittelte Wert der zweiten Varianz (TorqueVar) mindestens den 1,5 bis 2,5-fachen Wert der ersten Varianz (SlopeVar) erreicht oder überschreitet.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Erfüllung der Bedingung „zweite Varianz (TorqueVar) = mindestens 1,5 bis 2,5 * erste Varianz (SlopeVar), als Steigung der Wert der gefilterten Abweichung (SlopeFilt) zugelassen wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei aktiver Antriebsschlupfregelung die Ermittlung der Steigung beendet wird, wenn die erste Varianz (SlopeVar) und die zweite Varianz (TorqueVar) mindestens einen unteren Schwellenwert Tcs0_est_torque_var_limit bzw. Tcs0_est_slope_var_limit erreichen oder unterschreiten, wobei der jeweilige Schwellenwert der Varianzen gleich oder unterschiedlich sein kann.
13. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei dem Fall, dass die erste Varianz (SlopeVar) den Schwellenwert Tcs0_est_slope_var_limit und die zweite Varianz (TorqueVar) den Schwellenwert Tcs0_est_torque_var_limit erreicht oder unterschreitet, das Motormoment zur Anregung des Antriebsschlupfreglers moduliert wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch **gekennzeichnet**, dass eine abgesicherte Steigung (SlopeSave) zugelassen wird, wenn ein instabiler Radlauf durch die Beziehung „erste Varianz (SlopeVar) \geq Tcs0_est_slope_var_limit“ ermittelt bzw. angezeigt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch **gekennzeichnet**, dass die abgesicherte Steigung (SlopeSave) in Abhängigkeit von der gefilterten Abweichung (SlopeFilt) und einem Faktor MyOFSlope ermittelt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch **gekennzeichnet**, dass die abgesicherte Steigung mit einem Vertrauensfaktor MyOfSlope gewichtet wird, der vorzugsweise in Abhängigkeit von dem durch die Antriebsschlupfregelung angeforderten Motormoment, dem aktuellen Motor-momentenverlauf, der ersten Varianz, dem Abstand des schnellsten und langsamsten Rades zueinander, der betragsmäßigen Abweichung der geschätzten Steigung (Slope) und der frequenzbegrenzten Steigung (SlopeFilt) ermittelt wird.
17. Anpassung der Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit an eine Fahrsituation gekennzeichnet durch die Merkmale nach einem der Ansprüche 1 bis 16.
18. Anpassung nach Anspruch 17, dadurch **gekennzeichnet**, dass zu dem Referenzgradient der Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit um die ermittelte Steigung additiv angehoben wird.