

(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
24. Juni 2021 (24.06.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/121951 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B60T 8/172 (2006.01) B60W 20/00 (2016.01)
B60T 8/1755 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/084047

(22) Internationales Anmeldedatum:
01. Dezember 2020 (01.12.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 135 087.5
19. Dezember 2019 (19.12.2019) DE

(71) Anmelder: ZF CV SYSTEMS GLOBAL GMBH
[CH/CH]; Giacomettistrasse 1, 3006 Bern (CH).

(72) Erfinder: BENSCH, Uwe; Gretchenstr. 11, 30161 Hannover (DE). DIECKMANN, Thomas; Ueckermünder Str. 22, 30982 Pattensen (DE). HESEDING, Johannes; Kommandanturstrasse 7, 30169 Hannover (DE). MORITZ, Christoph; Richard-Partzsch-Weg 35, 30455 Hannover (DE).

SCHÜNEMANN, Gerd; Julius-Fengler-Str. 31, 30880 Laatzen (DE).

(74) Anwalt: OHLENDORF, Henrike; ZF CV Systems Hannover GmbH, IP / Intellectual Property, Am Lindener Hafen 21, 30453 Hannover (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SLIP LOOP CONTROL OF A VEHICLE WHEEL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR SCHLUPFREGELUNG EINES FAHRZEUGRADES

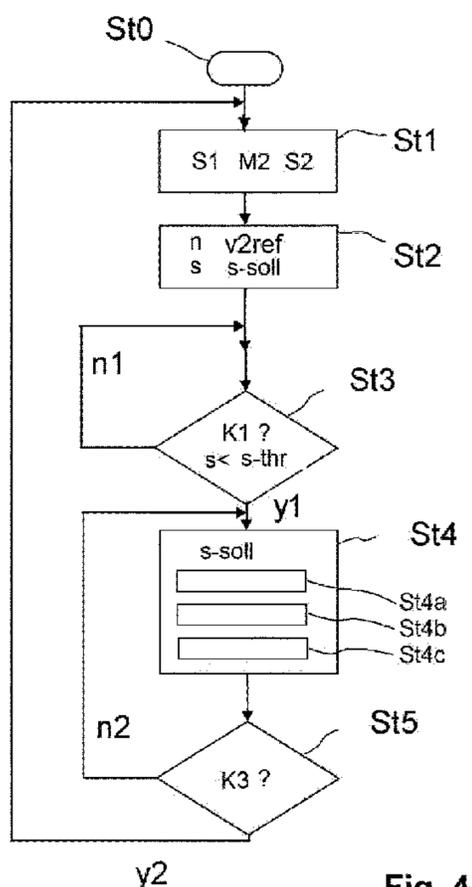


Fig. 4

(57) Abstract: The invention relates to a method for slip loop control of a vehicle wheel driven via an electrical drive, comprising at least the following steps: - controlling the electrical drive of the vehicle wheel with an actual drive torque (M2) in a torque control mode in a torque control step (St1), - determining a wheel speed (n) and a wheel slip (s) of the vehicle wheel and evaluating the wheel slip (s) by means of an instability criterion (K1) as to whether there is any instability (St3), - if any instability is identified, directly or indirectly transitioning into a slip loop control mode to control the wheel slip (s) to a specified slip (s-soll) by controlling the electrical drive (St4, superimposed slip loop control step), - determining whether an end criterion (K3) for ending the slip loop control mode is met (St5), - if the end criterion (K3) is met, returning to the torque control mode in the torque control step (St1).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Schlupfregelung eines über einen elektrischen Antrieb angetriebenen Fahrzeugrades, mit mindestens folgenden Schritten: - Ansteuerung des elektrischen Antriebs des Fahrzeugrades mit einem Ist-Antriebsmoment (M2) in einer Moment-Steuerung in einem Moment-Steuerungsschritt (St1), - Ermittlung einer Raddrehzahl (n) und eines Radschlupfes (s) des Fahrzeugrades und Bewertung des Radschlupfes (s) durch ein Instabilitätskriterium (K1), ob eine Instabilität vorliegt (St3), - bei Erkennung einer Instabilität direkter oder indirekter Übergang in eine Schlupfregelung des Radschlupfes (s) auf einen Soll-Schlupf (s-soll) durch Ansteuerung des elektrischen Antriebs (St4, überlagerter Schlupfregel-Schritt), - Ermittlung, ob ein Endkriterium (K3) zur Beendigung der Schlupfregelung erfüllt ist (St5), - falls das Endkriterium (K3) erfüllt ist, Rückführung zu der Moment-Steuerung in dem Moment-Steuerungsschritt (St1).

WO 2021/121951 A1

DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Verfahren und Vorrichtung zur Schlupfregelung eines Fahrzeugrades

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Schlupfregelung eines über einen elektrischen Antrieb angetriebenen Fahrzeugrades.

Elektrisch angetriebene Fahrzeuge mit einem direkt auf die einzelnen Räder wirkenden elektrischen Antrieb ermöglichen eine individuelle Ansteuerung der einzelnen Fahrzeugräder, der auch als Wheel-Drive bezeichnet wird. Über den elektrischen Antrieb kann eine Radbremsung mit Rekuperation bzw. Rückgewinnung der kinetischen Energie als elektrische Energie erfolgen. Der elektrische Antrieb kann hierbei unmittelbar oder durch ein Getriebe auf das Rad wirken. Weiterhin ist im Allgemeinen eine Reibbremse vorgesehen, die bei Nutzfahrzeugen als pneumatische Bremse ausgebildet ist.

Instabilitäten können insbesondere auftreten, wenn in einer Fahrsituation größere Längs- und Querkräfte übertragen werden sollen, als es der Reibwert zwischen Reifen und Straße zulässt. Bei einer Bremsung wird im Allgemeinen ein ABS-Eingriff an dem Rad durchgeführt, bei dem eine Blockierneigung erkannt wird, so dass durch geeignete Ansteuerung der Reibbremse unter Berücksichtigung eines maximal zulässigen Schlupfwertes ein Blockieren des Rades verhindert wird. Somit kann die radindividuelle Bremskraft angepasst und der Radschlupf auf einen geeigneten Schlupfwert geregelt werden, bei einer maximalen Kraft zwischen Rad und Straße übertragen werden kann. Durch ein derartiges Verfahren wird somit die Lenkfähigkeit, d. h. Übertragung einer Querkraft, aufrechterhalten.

Bei Systemen mit radindividuell wirkenden elektrischen Antrieben und ergänzenden Reibbremsen ergeben sich jedoch Probleme. So kann das generatorische Bremsmoment des elektrischen Antriebs, d. h. die Rekuperation, zu einer Blockierneigung des Rades führen. Bei Feststellen einer derartigen

Blockierneigung wird im Allgemeinen die Energierückgewinnung abgeschaltet und der allein über die Reibbremse wirkende ABS-Regelmechanismus durchgeführt, um die Fahrstabilität zu sichern.

Ein derartiges Umschalten zwischen Systemen ist im Allgemeinen aufwendig und weiterhin energetisch nicht optimal. Bei dem ABS-Regelverfahren werden dann die Möglichkeiten der elektrischen Antriebe zur schnellen Ausbildung von positiven und negativen Drehmomenten nicht genutzt.

Die DE 10 2017 211 436 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ansteuern eines Elektromotors für ein Fahrzeug, bei dem ein Soll-drehzahl des Elektromotors repräsentierender Solldrehzahlwert um einen Drehzahlschritt verändert wird und das von dem Elektromotor hierdurch bereitgestellte Drehmoment erfasst wird. Hierdurch können jedoch insbesondere Probleme bei der Seitenführung auftreten; weiterhin werden hierdurch gegebenenfalls Radgeschwindigkeiten eingestellt, die nicht an das Geschwindigkeitsniveau angepasst sind.

Die DE 10 2011 100 814 A1 betrifft eine Einrichtung zur Antriebsschlupfregelung für ein Fahrzeug mit elektromotorischem Fahrzeugantrieb, bei dem die elektrischen Antriebsmotoren der Räder jeweils von einem steuerbaren Umrichter gespeist werden, wobei zur Drehzahlsteuerung ein ASR-Steuergerät jedem Umrichter die maximal zulässige Drehzahl des betreffenden Antriebsmotors mitteilt. Eine solche Regelung kann somit insbesondere einen Antriebsschlupf begrenzen.

In der DE 10 2014 210 537 A1 ist ein Verfahren zum Betreiben eines Hybridfahrzeugs mit Brennkraftmaschine und elektrischer Maschine beschrieben, wobei die elektrische Maschine in einem generatorischen Betriebsmodus betrieben werden kann und Sicherheitsmaßnahmen unter Erhöhung oder Reduzierung des Radantriebs durchgeführt werden können. Hierbei ist ein

Modus zur Konstanthaltung der Summe aus den Antriebsmomenten beider Antriebe vorgesehen.

Die DE 10 2010 003 076 A1 beschreibt ein Verfahren und System zur Regelung eines Radbremsschlupfes für ein Fahrzeug mit Elektroantrieb, bei dem ein Bremssignal von einer Schlupfregelung erfasst wird und daraufhin eine Elektroantriebsregelung und eine Reibungsbremse angesteuert werden. Somit kann ein regeneratives Bremsen unter Berücksichtigung des Radschlupfes durchgeführt werden.

In der JP 2018018697 A wird ein ABS für ein vierrädriges Elektrofahrzeug mit einer Schlupfregelung beschrieben.

Die US 2004/0176899 A zeigt eine Steuerung der auf eine Vielzahl von Rädern eines Motorfahrzeugs ausgeübten Drehmomente, wobei Drehzahlsensoren und ein Gierraten-Beschleunigungssensor vorgesehen sind. Hierbei werden unter anderem die erforderlichen, an die jeweiligen Räder auszuübenden Drehmomente an lateral gegenüberliegenden Seiten des Fahrzeugs bestimmt, um den Radschlupf zu regulieren und ein Korrekturmoment um die Gierachse des Fahrzeuges zu erzeugen. Weiterhin können vom Fahrer angestrebte Soll-Werte für die Regelung berücksichtigt werden.

In der EP 1 849 745 B1 ist eine Steuerung für Bremskräfte und Antriebskräfte eines Fahrzeugs vorgesehen, bei dem der Fahrerwunsch aufgenommen wird und eine Sollbrems-/Antriebskraft und ein Soll-Giermoment ermittelt werden, die über die Brems-/Antriebskräfte, die auf die Reifen auszuüben sind, erzeugt werden sollen. Hierzu ist ein Gierraten-Sensor vorgesehen.

Die EP 2 612 716 B1 beschreibt eine Bremskraftsteuereinrichtung für ein Fahrzeug mit einem Elektrokraft-Erzeugungsmechanismus, der eine elektromagnetische Antriebskraft oder Bremskraft auf ein Rad aufbringen kann, wobei zusätzlich ein Bremskrafterzeugungsmechanismus zur Ausführung

mechanischer Bremskräfte vorgesehen ist. Weiterhin ist eine Straßenoberflächenzustands-Erfassungseinrichtung vorgesehen, wobei auf Grundlage der erfassten Daten eine Blockiertendenz der Räder ermittelt wird.

Derartige Verfahren und Systeme ermöglichen zunächst im Allgemeinen eine Längsregelung des Radschlupfes; hierbei wird jedoch die Seitenführung im Allgemeinen nicht oder nur wenig berücksichtigt. Auch sind die Verfahren zum Teil recht aufwendig oder erfordern zusätzliche Sensoren, die nicht in jedem Fahrzeug zur Verfügung stehen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Schlupfregelung eines über einen elektrischen Antrieb angetriebenen Fahrzeuges zu schaffen, die eine sichere Stabilisierung des Fahrzeugs bei guter Steuerbarkeit des Fahrzeugs ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine Vorrichtung nach den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Die Unteransprüche beschreiben bevorzugte Weiterbildungen. Weiterhin ist ein Fahrzeug mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorgesehen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Schlupfregelung dient insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens; das erfindungsgemäße Verfahren zur Schlupfregelung kann insbesondere mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung durchgeführt werden.

Erfindungsgemäß wird somit über einen auf das jeweilige Fahrzeugrad wirkenden elektrischen Antrieb in einem Moment-Steuerungsschritt eine Moment-Steuerung durchgeführt und es werden Ist-Antriebsmomente bzw. Kräfte eingesteuert, die sowohl beschleunigend als auch bremsend wirken können. Hierbei wird ein Radschlupf des jeweiligen Fahrzeuges ermittelt und überprüft, ob eine Instabilität vorliegt. Bei Feststellen einer Instabilität des Fahrzeuges wird vorteilhafterweise eine Schlupfregelung des Radschlupfes

auf einen Soll-Schlupf des Fahrzeugrades durchgeführt, bzw. es wird eine Drehzahlregelung des elektrischen Antriebs auf diesen Soll-Schlupf durchgeführt, da eine derartige Schlupfregelung bzw. Drehzahlregelung insbesondere zum einen eine hohe Übertragung der Längskräfte, insbesondere der zur Abbremsung führenden Längskräfte, ermöglicht und weiterhin eine geeignete Querkraftübertragung sicherstellt.

Hierbei wird das von dem elektrischen Antrieb auf das Fahrzeugrad übertragene Ist-Antriebsmoment, das beschleunigend oder bremsend sein kann, ermittelt und mit einem End-Kriterium bewertet. Wenn das End-Kriterium bzw. Beendigungs-Kriterium erfüllt ist, wird die überlagerte Drehzahlregelung bzw. Schlupfregelung des elektrischen Antriebs beendet.

Somit wird vorteilhafterweise eine Regelung ohne Einsatz der Reibbremse angestrebt; somit kann insbesondere auch einer Energierückgewinnung Vorrang eingeräumt werden. Der elektrische Antrieb kann somit bei Ausübung eines negativen Ist-Antriebsmomentes direkt elektrische Energie erzeugen und dem Fahrzeug bzw. einem Speicher wieder zuführen.

Vor dem Moment-Steuerungsschritt kann ein Soll-Antriebsmoment-Ermittlungsschritt vorgesehen sein, in dem ein Soll-Antriebsmoment ermittelt wird, insbesondere in Abhängigkeit einer Fahrer-Eingabe, und in dem Moment-Steuerungsschritt kann bei der Ansteuerung des elektrischen Antriebs des Fahrzeugrades das ausgeübte Ist-Antriebs-Moment gemessen und auf das Soll-Antriebsmoment eingestellt und/oder eingeregelt werden.

Dies ermöglicht somit eine geeignete Ermittlung und Einstellung des Ist-Soll-Antriebsmomentes.

Erfindungsgemäß können trotz der bei der Bremsung bzw. Nutz-Bremsung ermöglichten Rekuperation Instabilitäten sicher erkannt werden. Hierbei kann als Instabilitäts-Kriterium insbesondere ein ermittelter Radschlupf des jeweiligen Fahrzeugrades mit einem Grenzschlupf bzw. einer Schlupfschwelle, z.

B. 7 %, verglichen werden. Die Ermittlung des Radschlupfes erfolgt z.B. in üblicher Weise mittels Drehzahlsensoren zur Ermittlung der aktuellen Drehzahl unter Vergleich mit einer Referenzgeschwindigkeit des Rades, die als lokale Geschwindigkeit der Radnabe über dem Grund direkt ermittelt bzw. aus einem ergänzend vorgesehenen ABS oder ESC-System als Referenzgeschwindigkeit oder ABS- bzw.- ESC-Referenzgeschwindigkeit entnommen werden kann. Bei Erfüllen des Instabilitäts-Kriteriums wird somit die überlagerte Drehzahlregelung des elektrischen Antriebs begonnen und die Drehzahl des elektrischen Antriebs somit auf einen Soll-Schlupf, z. B. 15 %, eingeregelt.

Die Auswahl des Soll-Schlupfes kann aufgrund eines Auswahl-Kriteriums oder mehrerer Auswahl-Kriterien erfolgen; vorteilhafterweise wird die maximale oder hohe Übertragung der Längskräfte und eine geeignete Übertragung von Querkräften ermittelt. Hierbei können ergänzende Kriterien berücksichtigt werden. Eine Ermittlung kann insbesondere aus zur Verfügung stehenden Modellen zur Längskraft- und Querkraft-Übertragung eines Rades in Abhängigkeit des Radschlupfes, gegebenenfalls unter Berücksichtigung weiterer Parameter wie Schräglaufwinkel usw., herangezogen werden.

Somit wird bereits der erfindungsgemäße Vorteil erreicht, während der Instabilitäts-Regelung eine geeignete Querkraft-Übertragung zu ermöglichen. Somit wird insbesondere die Seitenführung des Fahrzeugs sichergestellt, sodass auch Kurvenführungen weiter ermöglicht sind. Anders als bei den eingangs genannten Systemen hat somit vorzugsweise der Erhalt der Lenkbarkeit Vorrang vor der Verkürzung des Bremswegs; hierbei kann insbesondere auch einer Längsregelung ohne Berücksichtigung der Querkraft-Übertragung kein Vorrang eingeräumt werden

Indem das Beendigung-Kriterium zur Beendigung der überlagerten Drehzahlregelung in Abhängigkeit des ermittelten übertragenen Ist-Antriebsmomentes ausgebildet ist, kann somit bei der Beendigung der Regelung kein instabiler

Zustand auftreten. Da bei der Instabilitäts-Regelung eine Drehzahl-Regelung bzw. Schlupfregelung des Antriebs erfolgt, kann somit der aktuelle Radschlupf nicht als Beendigungs-Kriterium herangezogen werden, da er durch die Regelung eingestellt wird. Daher wird das Beendigungs-Kriterium vorzugsweise in Abhängigkeit des übertragenen Ist-Antriebsmomentes ausgewählt. Hierbei wird erkannt, dass durch den Vergleich des Ist-Antriebsmomentes mit einem Soll-Antriebsmoment sichergestellt werden kann, dass bei der Beendigung der überlagerten Drehzahl-Regelung kein instabiler Umstand vorliegt, sondern der gerade aktuelle Schlupfwert eine hinreichende Stabilität gewährleistet.

Somit wird erfindungsgemäß der Längsschlupf auf einen Maximalwert begrenzt und der Querkraft und Lenkfähigkeit gegenüber der Bremskraft zumindest in den Fällen Vorrang einräumt, in denen dieses vorteilhaft ist.

Der Grenzschlupf zur Bewertung der Instabilität ist vorteilhafterweise geringer als der einzuregelnde Soll-Schlupf, sodass die überlagerte Drehzahl-Regelung rechtzeitig begonnen wird.

Erfindungsgemäß können somit Ist-Antriebsmomente in beide Richtungen eingeregelt werden. Somit ist zum einen eine Blockier-Regelung während eines Bremsvorgangs, und weiterhin eine Antriebsschlupf-Regelung möglich. Die Vergleiche der Schlupfwerte und des Ist-Antriebsmomentes mit dem jeweiligen Grenzwerten oder Vergleichswerten wird somit insbesondere auf Grundlage des Betrags der Werte, d. h. ohne Vorzeichen, durchgeführt.

Gemäß einer Ausbildung kann mehr als ein Grenzschlupf vorgesehen sein. So kann bei Erkennung einer Instabilität zunächst bei Überschreiten eines unteren Grenzschlupfs des Radschlupfes ein Übergang auf eine Drehzahlregelung des Fahrzeuggrades erfolgen und bei Überschreiten eines oberen Grenzschlupfs ein Übergang auf die Schlupfregelung des Fahrzeuggrades erfolgen, bei der der Radschlupf auf den Soll-

Schlupf geregelt wird, d.h. insbesondere als überlagerter Schlupfregel-Schritt.

Hierdurch wird ein verbesserter Übergang von der Moment-Steuerung oder Moment-Regelung des Antriebsmomentes auf die Schlupfregelung ermöglicht, d.h. insbesondere auch mit dazwischen vorgesehener Drehzahlregelung des Fahrzeugrades, wobei die Drehzahlregelung somit auch eine Radgeschwindigkeitsregelung des Fahrzeugrades darstellt.

Bei Erfüllen des Beendigungs-Kriteriums kann das Verfahren insbesondere zurückgesetzt werden, d. h. es wird wiederum der Schritt der Ansteuerung des elektrischen Antriebs des Fahrzeugrades gemäß der Ist-Antriebsmoment-Steuerung oder der unterlagerten Ist-Antriebsmoment-Regelung durchgeführt.

Das aktuell übertragene oder eingegebene Ist-Antriebsmoment kann insbesondere durch Messung des von einer Ansteuerschaltung eingespeisten Motorstroms erfolgen; hierbei kann im Allgemeinen vorteilhafterweise angesetzt werden, dass der – z. B. von Gleichrichtern – zur Verfügung gestellte Motorstrom proportional dem eingespeisten oder übertragenen Ist-Antriebsmoment ist. Somit ist mit geringem Aufwand eine Ermittlung des übertragenen Ist-Antriebsmomentes möglich, wobei die hierfür erforderlichen Werte dem System im Allgemeinen bereits zur Verfügung stehen.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung liegt darin, dass somit eine Sicherstellung eine Querkraftführung auch ohne ergänzende Sensoren wie z. B. Gierratensensor oder Quereschleunigungssensor möglich ist. Es kann auf Grundlage z. B. eines Modells zur Längskraftführung und Seitenkraftführung ein geeigneter Soll-Schlupf für die überlagerte Drehzahl-Regelung angesetzt werden, der mit hoher Genauigkeit die geeignete Längskraftführung und Querkraftführung ermöglicht.

Der Einsatz einer Reibungsbremse kann sekundär vorgesehen sein, wobei diese z. B. lediglich bei Erkennen eines erforderlichen Eingriffs, z. B. für die Ausführung eines entsprechen hohen Brems-Momentes vorgesehen ist. Ansonsten kann eine Blockierschutz-Regelung oder ABS-Regelung primär durch das erfindungsgemäße Verfahren unter Ansteuerung des elektrischen Antriebs erfolgen.

Der elektrische Antrieb kann insbesondere ein Radnabenmotor sein, der somit radindividuell die Einsteuerung eines geeigneten Ist-Antriebsmomentes ermöglicht. Der elektrische Antrieb kann grundsätzlich mit oder ohne Getriebe vorgesehen sein.

Anstelle von Raddrehzahlsensoren des ABS kann auch die Drehzahl der elektrischen Maschine, d. h. ein zur Verfügung gestelltes Gebersignal, verwendet werden. Wenn die Elektromaschine über ein Getriebe auf das Rad einwirkt, kann die jeweilige Getriebeübersetzung zur Berechnung der Raddrehzahl herangezogen werden.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung kann nach der initialen Einstellung des Soll-Schlupfes bei der Drehzahl-Regelung der Soll-Schlupf-Wert um diesen Zielwert herum in z. B. inkrementellen Schritten variiert werden. Somit kann die durch der Drehzahl-Regelung des elektrischen Antriebs unterlagerte Drehmoment-Regelung oder Drehmoment-Einstellung die daraus folgende Drehmoment-Änderung des elektrischen Antriebs messen. So kann z. B. der zunächst vorgesehene und als optimal bewertete Soll-Schlupf von z. B. 15 % additiv in Richtung z. B. höherer übertragener Drehmomente bzw. Radkräfte verändert werden. Hierbei kann vorteilhafterweise eine obere Schlupfgrenze zur Begrenzung dieser Variation vorgesehen sein, die nicht überschritten werden darf, z. B. mit einem oberen Grenzschlupf (Radschlupf-Grenzwert) von 22 %.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der beiliegenden Zeichnungen an einigen Ausführungsformen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein Fahrzeug mit einer Vorrichtung bzw. Antriebssteuerung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 2 ein Fahrzeug mit einer Vorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform;
- Fig. 3 eine Darstellung der Reifenlängskraft und Reifenquerkraft in Abhängigkeit des Radschlupfes in verschiedenen Fahrsituationen;
- Fig. 4 ein Flussdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Ein Fahrzeug 1 weist gemäß Figur 1 vier Räder 2 auf, die jeweils über einen elektrischen Radnabenmotor 3 angetrieben werden. Grundsätzlich kann das jeweilige Fahrzeugrad 2 wie gezeigt direkt über einen Motor, oder auch indirekt über ein Getriebe von einem Motor angesteuert werden. Die Raddrehzahlen der einzelnen Räder 2 werden jeweils über – aktive oder passive – Raddrehzahlsensoren 4 gemessen, die Drehzahl-Signale n ausgeben. Gemäß der grundsätzlich vereinfachten Darstellung der Figur 1 ist eine Antriebs-Steuereinrichtung 6 vorgesehen, die die einzelnen Radnabenmotoren 3 über Antriebs-Steuersignale $S1$ ansteuert. Die Radnabenmotoren 3 ermöglichen zum einen einen Antrieb der einzelnen Fahrzeugräder 2 und weiterhin eine Rekuperation, d. h. eine Rückgewinnung der kinetischen Energie beim Bremsen der Fahrzeugräder 2.

Die Ansteuereinrichtung 3a des Radnabenmotors 3 ermittelt das tatsächlich ausgegebene Ist-Antriebsmoment $M2$; so kann z. B. angesetzt werden, dass die dem Radnabenmotor 3 zugeführte Stromstärke $I3$ dem ausgeübten Ist-Antriebsmoment $M2$ proportional ist. Somit gibt jede Ansteuereinrichtung 3a Informationssignale $S2$ über das auf das jeweilige Fahrzeugrad 2 ausgeübte Ist-Antriebsmoment $M2$ an die zentrale Antriebs-Steuereinrichtung 6. Das Ist-Antriebsmoment $M2$ ist hierbei positiv, wenn es zur Beschleunigung des

Fahrzeugrades 2 dient, und negativ, wenn es zum Bremsen des Fahrzeugrades 2, insbesondere mittels Rekuperation, dient.

Die von einem Fahrzeugrad 2 in Längsrichtung des Fahrzeugs übertragene Reifenlängskraft FL und die in Querrichtung des Reifens 2 übertragene Reifenquerkraft FQ hängen von dem jeweiligen Radschlupf s ab, sowie z. B. einem Schräglaufwinkel α . Der Radschlupf s hängt wiederum insbesondere von dem Reibwert μ der Straße bzw. des Untergrundes ab. Figur 3 zeigt eine entsprechende Modellbildung, wonach die beiden Kräfte FL und FQ in Abhängigkeit des Radschlupfes s dargestellt sind und die Kurven mit dem Schräglaufwinkel α variieren.

Hierbei kann der Radschlupf s als Verhältnis der Radgeschwindigkeit, d. h. Radumfangsgeschwindigkeit v_2 gegenüber der Fahrzeuggeschwindigkeit v_1 ermittelt werden, da bei reiner Haftreibung ohne Radschlupf die Radgeschwindigkeit (Radumfangsgeschwindigkeit) v_2 mit der Fahrzeuggeschwindigkeit v_1 bei Geradeausfahrten übereinstimmt.

Gemäß Figur 3 tritt bei Übertragung einer Reifenlängskraft FL immer ein gewisser Radschlupf s auf, so dass die Kurve von FL mit steigendem Radschlupf zunächst ansteigt, und – gegebenenfalls in Abhängigkeit des Schräglaufwinkels α – nachfolgend mit höherem Wert des Radschlupfes s abfällt, wobei bei höherem Radschlupf entsprechend insbesondere auch ein Blockieren des Fahrzeugrades 2 auftreten kann. Die Reifenquerkraft FQ nimmt hingegen mit steigendem Radschlupf s ab.

Die oben genannten Überlegungen sind grundsätzlich sowohl bei einem Bremsvorgang als auch Beschleunigungsvorgang anzusetzen, wobei beim Bremsvorgang ein Blockieren der gebremsten Räder auftreten kann, und beim Antriebsvorgang ein Durchdrehen der Räder.

Erfindungsgemäß wird angestrebt, das Fahrzeugrad 2 über die Antriebseinrichtung, d. h. hier den Radnabenmotor 3, in einem Bereich einzuregeln, bei dem sowohl eine Reifenlängskraft FL als auch eine hinreichende Reifenquerkraft FQ ausgeübt werden kann, um somit eine geeignete Kurvenführung bzw. Querführung des Fahrzeuges 1 zu erreichen.

Während der Fahrt überprüft die Antriebs-Steuereinrichtung 6 den Radschlupf s der einzelnen Fahrzeugräder 2 auf Grundlage der jeweiligen Raddrehzahlsignale n sowie einer Referenzgeschwindigkeit v_{1-ref} des Fahrzeuges 1 oder einer Referenzgeschwindigkeit des Fahrzeugrades v_{2ref} , die grundsätzlich aus einer Modellbildung berechnet werden können, wie es bei Antiblockiersystemen (ABS) üblich ist.

Eine Instabilität kann z. B. durch Vergleich des Radschlupfes s mit mindestens einer Schlupfschwelle s_{thr} erfolgen, d. h. mit dem Instabilitäts-Kriterium k_1 : $s > s_{thr}$, z. B. mit $s_{thr} = 7 \%$ bzw. $s_{thr} = 0,07$.

Bei Erkennen einer Instabilität gemäß dem Instabilitäts-Kriterium k_1 erfolgt eine Drehzahlregelung des Radnabenmotors 3 auf einen Soll-Schlupfwert s_{soll} , z. B. $s_{soll} = 0,15$ (15 %), wobei hier vorteilhafterweise ein Übergang zwischen dem Startwert der Schlupfregelung, d.h. z.B. mit dem erkannten Wert der Schlupfschwelle von z.B. $s_{thr} = 7 \%$, und dem einzuregelnden Sollwert von z. B. $s_{soll} = 0,15$ (15 %) vorgesehen sein kann. Der genaue Wert des Schlupf-Sollwertes s_{soll} kann hierbei gemäß Figur 3 in Abhängigkeit der Fahrsituation gewählt werden; hierbei kann insbesondere die erforderliche Reifenquerkraft FQ berücksichtigt werden. Somit wird eine maximale oder hohe Übertragung der z. B. zur Abbremsung führenden Längskraft bzw. Reifenlängskraft FL unter Aufrechterhaltung eines Potentials zur Querkraftübertragung gemäß der jeweiligen Fahrsituation ermöglicht. Hierzu kann die Antriebs-Steuereinrichtung 6 insbesondere auch Informationen über eine Kurvenfahrt, z. B. eine Gierrate ω oder eine gegebenenfalls einem entsprechendem Sensor direkt ermittelte Querbewegung a_q heranziehen. Wei-

terhin kann entsprechend der jeweilige Schräglaufwinkel α berücksichtigt werden, so dass ein Auswahlkriterium k_2 für den Soll-Schlupf s_{soll} gebildet wird.

Somit erfolgt durch Ansteuerung des Radnabenmotors 3 eine Drehzahlregelung des Reifenschlupfes s auf den Soll-Schlupf s_{soll} , indem somit der Radnabenmotor zum Beschleunigen oder Abbremsen des Fahrzeugrades 2 angesteuert wird. Durch Messung des Antriebsstroms (Ansteuerstroms) I_3 wird entsprechend das eingesteuerte Ist-Antriebsmoment M_2 aktuell ermittelt.

Gemäß Figur 2 kann der in Figur 1 gezeigte Aufbau entsprechend auch mittels der Antriebs-Steuereinrichtung 6 und der zentralen Brems-Steuereinrichtung 10 erfolgen, die die jeweiligen Radbremsen 9, z. B. pneumatische Radbremsen zum Bremsen einzelner Fahrzeugräder 2, direkt oder beim EBS insbesondere auch indirekt über Brems-Steuersignale S_3 ansteuert. Zur Ansteuerung kann insbesondere eine elektropneumatische Ventileinrichtung, z. B. mit Relaisventilen und ABS-Ventilen, eingesetzt werden, damit die jeweiligen Radbremsen 9 nachfolgend Bremskräfte FB auf die einzelnen Fahrzeugräder 2 übertragen. Bei einem derartigen Aufbau geben somit die Raddrehzahlsensoren 4 in üblicher Weise die Raddrehzahlensignale n an die Brems-Steuereinrichtung 10 aus, die mit der zentralen Antriebs-Steuereinrichtung 6 in Datenverbindung steht, oder mit dieser integriert ist.

Somit kann in die Regelung auch entsprechend die Brems-Steuereinrichtung 10 eingebunden werden, wenn z. B. eine stärkere Abbremsung der Fahrzeugräder 2 mittels der als Reibbremsen ausgebildeten Radbremsen 9 erforderlich ist. Vorteilhafterweise erfolgt ansonsten die erfindungsgemäße Regelung allein durch Ansteuerung der Antriebseinrichtung, d. h. hier der Radnabenmotoren 3.

Gemäß dem Flussdiagramm der Figur 4 erfolgt somit nach dem Start in Schritt St0 in dem Schritt St1 die Einstellung oder Regelung eines Ist-Antriebsmomentes M_2 an dem jeweiligen Fahrzeugrad 2, mittels Rekuperation.

Während und/oder nach dem Schritt St1 ist weiterhin gemäß Schritt St2 vorgesehen, die Raddrehzahlen n , den Radschlupf s und eine Referenzgeschwindigkeit v_{2ref} zu bestimmen, sowie den Soll-Schlupf s_{soll} festzulegen oder abzurufen. Gemäß Schritt St3 wird fortlaufend überprüft, ob das Instabilitäts-Kriterium K_1 erfüllt ist. Bei Vorliegen einer entsprechenden Instabilität wird gemäß Verzweigung y_1 in Schritt St4 die Drehzahlregelung durchgeführt, um den Radschlupf s auf den Soll-Schlupf s_{soll} einzuregulieren.

Hierbei wird gemäß Schritt St4 fortlaufend überprüft, ob das übertragene Ist-Antriebsmoment M_2 bzw. die übertragenen Kräfte ein Endkriterium K_3 zur Beendigung des Schlupf-Regelverfahrens erfüllen.

Als Endkriterium K_3 kann entsprechend nicht mehr gemäß dem Kriterium k_1 der Radschlupf bewertet werden, da dieser gerade als Regelgröße auf den Soll-Schlupfwert s_{soll} eingeregelt wird. Daher erfolgt die Bewertung des Endkriteriums k_3 mittels des übertragenen Ist-Antriebsmomentes M_2 .

Das Endkriterium k_3 ist vorteilhafterweise von der unterlagerten Antriebsmoment-Regelung oder –Steuerung abhängig, um somit zu bewerten, ob eine stabile Situation vorliegt und die überlagerte Schlupfregelung bereits keine relevanten Änderungen verursacht.

So kann das Endkriterium insbesondere bewerten, ob das angeforderte Sollmoment unterhalb des übertragenen Ist-Antriebsmomentes M_2 liegt, d.h. $M_2 < x \cdot M_{soll}$.

wobei insbesondere auch $x=1$ angesetzt werden kann, d.h. $M_2 < M_{soll}$.

Falls dies der Fall ist, wird somit auf eine stabile Situation erkannt, und es wird gemäß Verzweigung y2 die Schlupfregelung beendet, d. h. gemäß der Darstellung der Figur 3 wiederum auf die unterlagerte Moment-Regelung, zurückgestellt, bzw. wie hier gezeigt wird auf die Regelung des Ist-Antriebsmomentes M2 gemäß Schritt St1 zurückgestellt.

Gemäß weiteren bevorzugten Ausbildungen kann bei der Schlupf-Regelung in Schritt St4 der Radschlupf s in einem Schritt St4a um den Zielwert, d. h. den Schlupf-Sollwert s_{soll} , herum in inkrementellen Schritten variiert werden. Die durch die der Drehzahlregelung des Radnabenmotors 3 unterlagerte Drehmomentregelung kann in Schritt St4b die daraus folgende Drehmomentänderung des Radnabenmotors 3 messen. Der optimale Schlupfpunkt von z. B. 15 % wird dann in Schritt St4c adaptiv in Richtung höherer übertragener Drehmomente M2 bzw. Radkräfte verändert. Hierbei kann vorgesehen sein, eine obere Schlupfgrenze s_{up} nicht zu überschreiten, z.B. mit $s_{\text{up}} = 22\%$, sodass der Radschlupf s auf 22 % limitiert wird, was somit ein Adaptions-Endkriteriums k_5 darstellt.

Bei der Ausbildung nach Fig. 2 kann die Antriebs-Regelung mit einer ABS-Regelung kombiniert werden. So kann die elektrische Abbremsung bzw. Rekuperation mit einer unterlagerten Reibbremsung mit konstantem Moment überlagert werden. Somit kann bei Blockierneigung eines Fahrzeugrades 2 eine Reibbremsung über die Radbremse 9 mittels eines ABS- Regelverfahrens über die zentrale Bremssteuereinrichtung 10 (ABS-Regeleinrichtung) geregelt werden unter gleichzeitigen Wirken des Radnabenmotors 3, insbesondere zur Rekuperation.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann eine optimale Schlupfgeschwindigkeit über einen Konstantanteil der Gleitgeschwindigkeit ermittelt werden.

Der Soll-Schlupf s_{soll} kann von einem Fahrdynamik-System vorgegeben werden. So kann der Soll-Schlupf s_{soll} in Abhängigkeit des Querkraftbedarfs modifiziert und dann stärker limitiert werden, wenn entsprechende Seitenführungskräfte erforderlich sind. Diese können aus einem ESC-Fahrzeugbewegungsmodell entnommen werden.

Weiterhin kann gemäß einer Ausführungsform anstatt der gezeigten Raddrehzahlsensoren 4 die Drehzahl des Radnabenmotors 3, d.h. z.B. das Getriebesignal verwendet werden. Wird der elektrische Antrieb 3 über ein Getriebe auf das Fahrzeugrad 2 eingegeben, so wird die jeweilige Getriebebesetzung zur Berechnung der Raddrehzahl n herangezogen.

Bezugszeichenliste (Teil der Beschreibung)

- 1 Fahrzeug
 - 2 Fahrzeugrad
 - 3 Radnabenmotor
 - 3a Ansteuereinrichtung des Radnabenmotors 3
 - 4 Raddrehzahlsensor
 - 6 Antriebs-Steuereinrichtung
 - 9 Radbremse, insbesondere pneumatische Radbremse
 - 10 Brems-Steuereinrichtung
 - 11 elektropneumatisches EBS-Bremssystem mit:
zentraler Brems-Steuereinrichtung 10, pneumatischen Radbremsen 9
und über Brems-Steuersignale S3 angesteuerten elektropneumati-
schen Ventilen
 - 12 Vorrichtung aus den Radnabenmotoren 3 mit Ansteuereinrichtungen
3a und der Antriebs-Steuereinrichtung 6
-
- FL Reifenlängskraft
 - FQ Reifenquerkraft
 - S1 Antriebs-Steuersignale
 - S2 Motormoment-Informationssignal
 - S3 Brems-Steuersignal
 - n Raddrehzahlsignal
 - s Radschlupf
 - s-soll Soll-Radschlupf
 - s-thr Grenzschlupf zur Bewertung der Instabilität
 - s-thr-lo unterer Grenzschlupf
 - s-thr-up oberer Grenzschlupf
 - s-up oberer Schlupfwert
 - k1 Instabilitätskriterium

- k2 Auswahlkriterium zur Ermittlung des Soll-Schlupfwertes s-soll
- k3 Endkriterium
-
- v1 Fahrzeuggeschwindigkeit
- v1-ref Fahrzeug-Referenzgeschwindigkeit
- v2-soll Soll-Geschwindigkeit des Fahrzeugrades 2
- v2 Radgeschwindigkeit
- v2ref Rad-Referenzgeschwindigkeit
- ω Gierrate
- aq Querbesehleunigung
- M2 Ist-Antriebsmoment, übertragenes Ist-Antriebsmoment
- M-soll Soll-Antriebsmoment
-
- SLC Schlupfregelung (slip loop control)
- nLC Drehzahlregelung des Fahrzeugrades 2
- TC Moment-Steuerung, Steuerung des Antriebsmoments M als Steuerung und/oder Regelung
- VLC Fahrdynamik-Regelung
-
- St0 bis St5 Schritte des Verfahrens

Patentansprüche

1. Verfahren zur Schlupfregelung eines über einen elektrischen Antrieb (3) angetriebenen Fahrzeugrades (2),
mit mindestens folgenden Schritten:
 - Ansteuerung des elektrischen Antriebs (3) des Fahrzeugrades (2) mit einem Ist-Antriebsmoment (M2) in einer Moment-Steuerung (TC) in einem Moment-Steuerungsschritt (St1),
 - Ermittlung einer Raddrehzahl (n) und eines Radschlupfes (s) des Fahrzeugrades (2) und Bewertung des Radschlupfes (s) durch ein Instabilitätskriterium (K1), ob eine Instabilität vorliegt (St3),
 - bei Erkennung einer Instabilität direkter oder indirekter Übergang in eine Schlupfregelung (SLC) des Radschlupfes (s) auf einen Soll-Schlupf (s-soll) durch Ansteuerung des elektrischen Antriebs (3) (St4, überlagerter Schlupfregel-Schritt),
 - Ermittlung, ob ein Endkriterium (K3) zur Beendigung der Schlupfregelung erfüllt ist (St5),
 - falls das Endkriterium (K3) erfüllt ist, Rückführung zu der Moment-Steuerung (TC) in dem Moment-Steuerungsschritt (St1).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
 - vor dem Moment-Steuerungsschritt (St1) ein Soll-Antriebsmoment-Ermittlungsschritt (St0-1) vorgesehen ist, in dem ein Soll-Antriebsmoment (M-soll) ermittelt wird, insbesondere in Abhängigkeit einer Fahrer-Eingabe, und
 - in dem Moment-Steuerungsschritt (St1) bei der Ansteuerung des elektrischen Antriebs (3) des Fahrzeugrades (2) das ausgeübte Ist-Antriebsmoment (M2) gemessen und auf das Soll-Antriebsmoment (M-soll) eingestellt und/oder eingeregelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Moment-Steuerung (TC) als unterlagerte Antriebsmoment-Regelung zur Beschleunigung und/oder Abbremsung des Fahrzeugrades (2), z.B. auf eine Soll-Geschwindigkeit (v_2 -soll), vorgesehen ist.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während der Schlupfregelung (SLC) zumindest zeitweise ein Abbremsen eines Fahrzeugrades (2) durch den elektrischen Antrieb (3) unter Rekuperation vorgesehen ist.
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das von dem elektrischen Antrieb (3) auf das Fahrzeugrad (2) ausgeübte Ist-Antriebsmoment (M_2) durch Messung eines in den elektrischen Antrieb (3) eingegebenen Motorstroms (I_3) ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als elektrischer Antrieb (3) ein Radnabenmotor (3) vorgesehen ist, der das Fahrzeugrad (2) beschleunigt und/oder das Fahrzeugrad (2) unter Rekuperation abbremst.
7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Fahrzeugräder (2) jeweils über einen elektrischen Antrieb (3) schlupfgeregelt werden, wobei die elektrischen Antriebe (3) über eine zentrale Antriebs-Steuerereinrichtung (6) angesteuert werden, die Antriebs-Steuersignale (S_1) zur Einstellung von Soll-Antriebsmomenten (M_2 -soll) ausgibt und Motormoment-Informationssignale (S_2) über die auf die Fahrzeugräder (2) eingesteuerten Ist-Antriebsmomente (M_2) aufnimmt.
8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Radschlupf (s) des Fahrzeugrades (2) ermittelt wird

aus

einerseits der ermittelten Raddrehzahl (n) oder einer Antriebs-Drehzahl (n_3) des Radnabenmotors (3) und andererseits einer Rad-Referenzgeschwindigkeit (v_{2ref}) oder einer Fahrzeug-Referenzgeschwindigkeit (v_{1-ref}).

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Soll-Schlupf (s_{soll}) auf Grundlage eines Kraft-Schlupfmodells (Fig. 3) unter Berücksichtigung zu übertragender Rad-Querkräfte (F_Q) ausgewählt wird.
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Soll-Schlupf (s_{soll}) der Schlupfregelung ermittelt wird auf Grundlage eines Auswahlkriteriums (K_2), insbesondere unter Heranziehung von aktuellen oder beabsichtigten Querkräften (F_Q) des Fahrzeugrades (2) und/oder eines Schräglaufwinkels (α).
11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Soll-Schlupf (s_{soll}) von einer Fahrdynamik-Regelung (VLC), ermittelt und vorgegeben wird.
12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei dem Instabilitäts-Kriterium (k_1) der Radschlupf (s) des Fahrzeugrades (2) verglichen wird mit mindestens einem Grenzschlupf (s_{thr}) und bei Überschreiten des Grenzschlupfes (s_{thr}) eine Instabilität erkannt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Grenzschlupf (s_{thr}) kleiner als der Soll-Schlupf (s_{soll}) ist, z.B. mit Grenzschlupf (s_{thr}) gleich 7 Prozent und Soll-Schlupf (s_{soll}) gleich 15 Prozent.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erkennung einer Instabilität zunächst bei Überschreiten eines unteren Grenzschlupfs ($s\text{-thr-lo}$) des Radschlupfes (s) ein Übergang auf eine Drehzahlregelung ($n\text{LC}$) des Fahrzeugrades (2) erfolgt und bei Überschreiten eines oberen Grenzschlupfs ($s\text{-thr-lo}$) ein Übergang auf die Schlupfregelung (SLC) des Fahrzeugrades (2) erfolgt, bei der der Radschlupf (s) auf den Soll-Schlupf ($s\text{-soll}$) geregelt wird (St4 , überlagerter Schlupfregel-Schritt).
15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Endkriterium ($K3$) das während der Schlupfregelung (SLC) übertragene Ist-Antriebsmoment ($M2$) bewertet wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15 dadurch gekennzeichnet, dass das Ist-Antriebsmoment ($M2$) verglichen wird mit dem in der unterlagerten Drehmomentsteuerung (St1) vorgegebenen Soll-Antriebsmoment ($M\text{-soll}$) ($M2 < M\text{-soll}$), wobei in dem Fall, dass das übertragene Ist-Antriebsmoment ($M2$) das in der unterlagerten Moment-Steuerung (TC) vorgegebenen Soll-Antriebsmoment ($M\text{-soll}$) unterschreitet, das Endkriterium ($k3$) erfüllt ist (St5).
17. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Schlupfregelung (St4) eine Anpassung des Soll-Schlupfes ($s\text{-soll}$) erfolgt, indem
- nach initialer Einstellung des Soll-Schlupfes ($s\text{-soll}$) nachfolgend ein aktueller Soll-Schlupf ($s\text{-soll-ink}$) durch Abweichung in inkrementellen Schritten (Δs) festgelegt wird und
 - die hierbei erzeugte Änderung des von dem elektrischen Antrieb (3) übertragenen Antriebsmomentes ($M2$) ermittelt wird,
 - wobei bei Feststellen einer Erhöhung des übertragenen Antriebs-

Momentes (M2) der aktuelle Soll-Schlupf (s-soll-ink) als neuer Soll-Schlupf (s-soll) festgelegt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Anpassung des Soll-Schlupfes (s-soll) beendet oder begrenzt wird in Abhängigkeit eines weiteren Adaption-Endkriteriums (k5), z.B. bei Erreichen einer oberen Schlupfgrenze (s-up), z.B. 22 Prozent.
19. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass weiterhin gleichzeitig ein Einsatz von Radbremsen, insbesondere Reibbremsen (9) vorgesehen ist.
20. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Raddrehzahlsignale (n) ermittelt werden durch Raddrehzahlsensoren (4) und/oder Ermittlung einer Motor-Drehzahl (n3) der elektrischen Maschine, z.B. Radzahlmotors (3).
21. Vorrichtung (12) zur Schlupfregelung eines Fahrzeugrades (2), die aufweist:
 - einen elektrischen Antrieb (3) zur Übertragung von beschleunigenden und abbremsenden Ist-Antriebsmomenten (M2) auf das Fahrzeugrad (2),
 - eine als Teil des elektrischen Antriebs (3) oder zusätzlich vorgesehene Ansteuereinrichtung (3a) zur Bestromung des elektrischen Antriebs (3),
 - eine zentrale Antriebs-Steuereinrichtung (6) zur Ansteuerung der Ansteuereinrichtung (3a) über Antriebs-Steuersignale (S1) und zur Aufnahme von Motormoment-Informationssignalen (S2) über das von der Ansteuereinrichtung (3a) aktuell eingesteuerte Ist-Antriebsmoment (M2),
 - wobei die zentrale Antriebs-Steuereinrichtung (6) ausgelegt oder ein-

gerichtet ist, ein Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche durchzuführen.

22. Fahrzeug mit einer Vorrichtung (12) nach Anspruch 21 und mindestens einem durch die Vorrichtung (12) angesteuerten Fahrzeugrad (2).

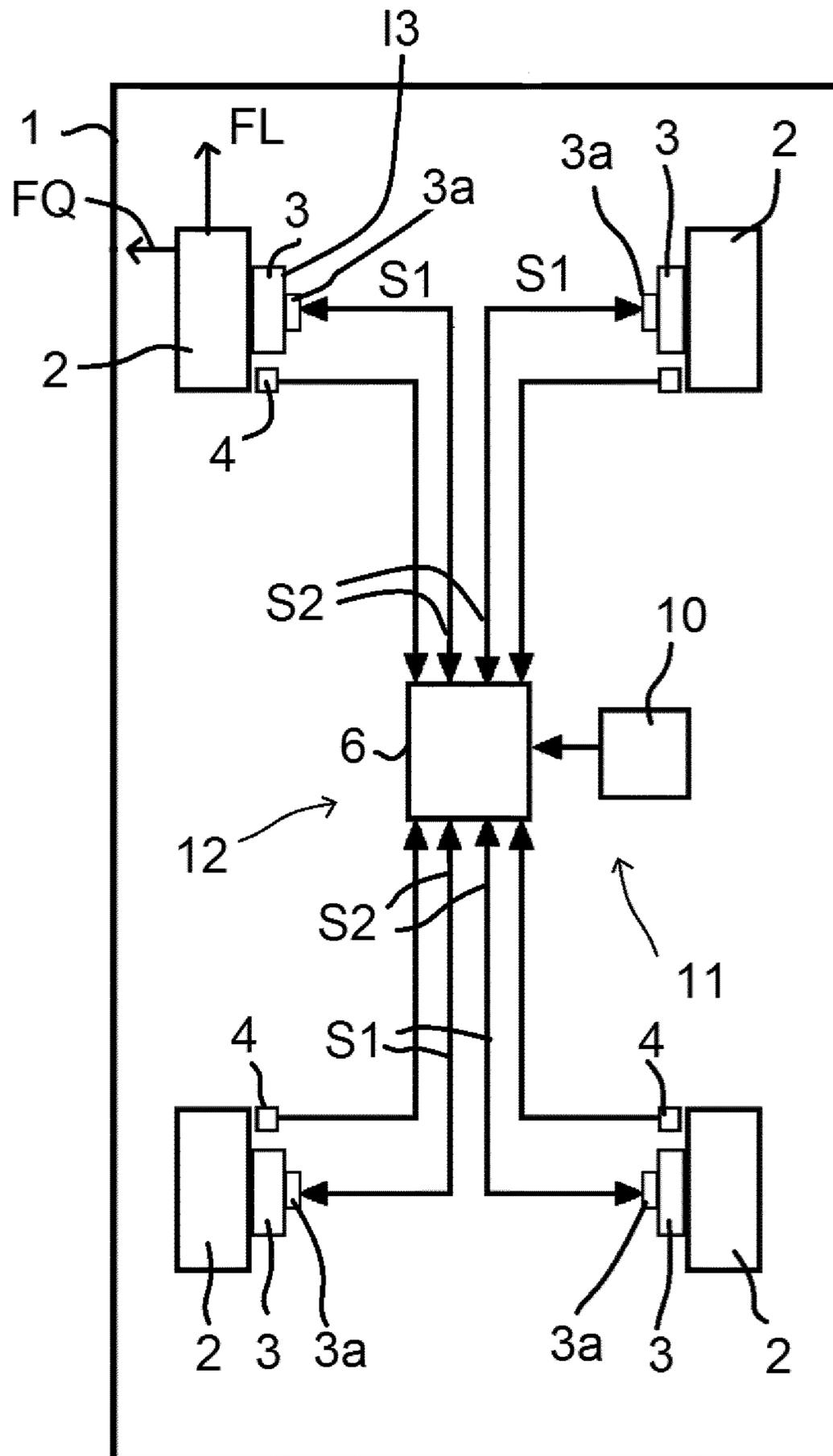


Fig. 1

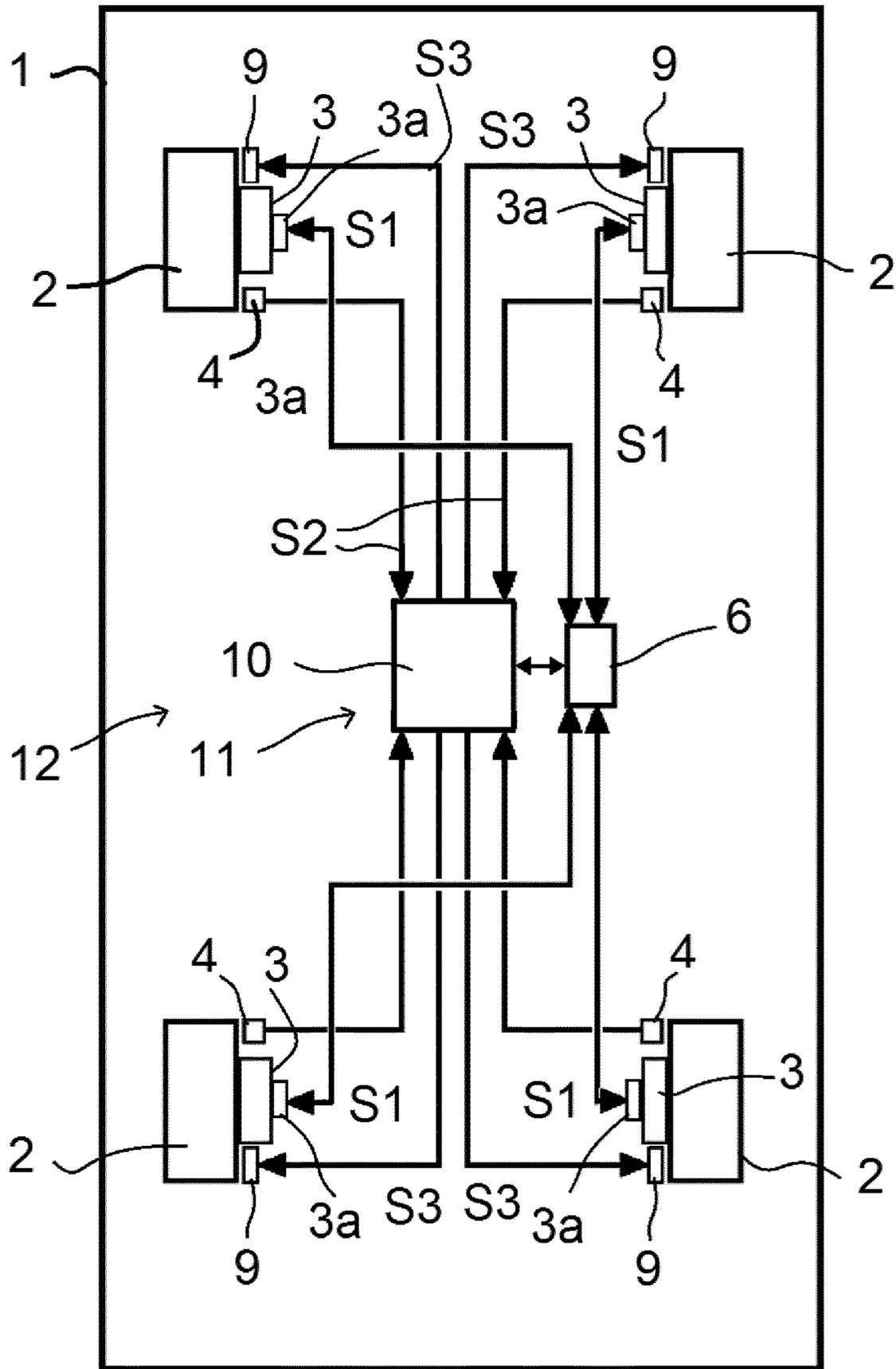


Fig. 2

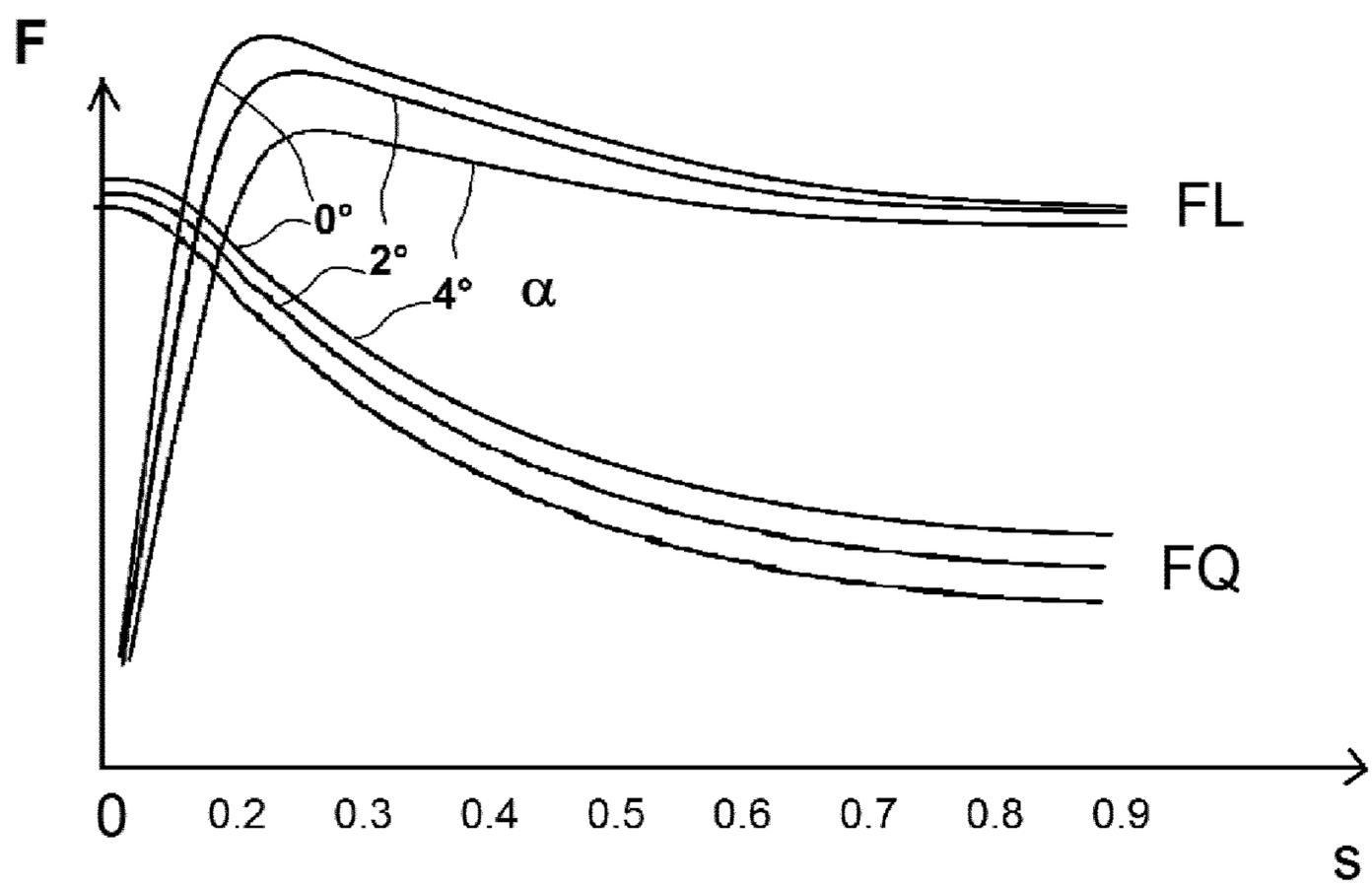


Fig. 3

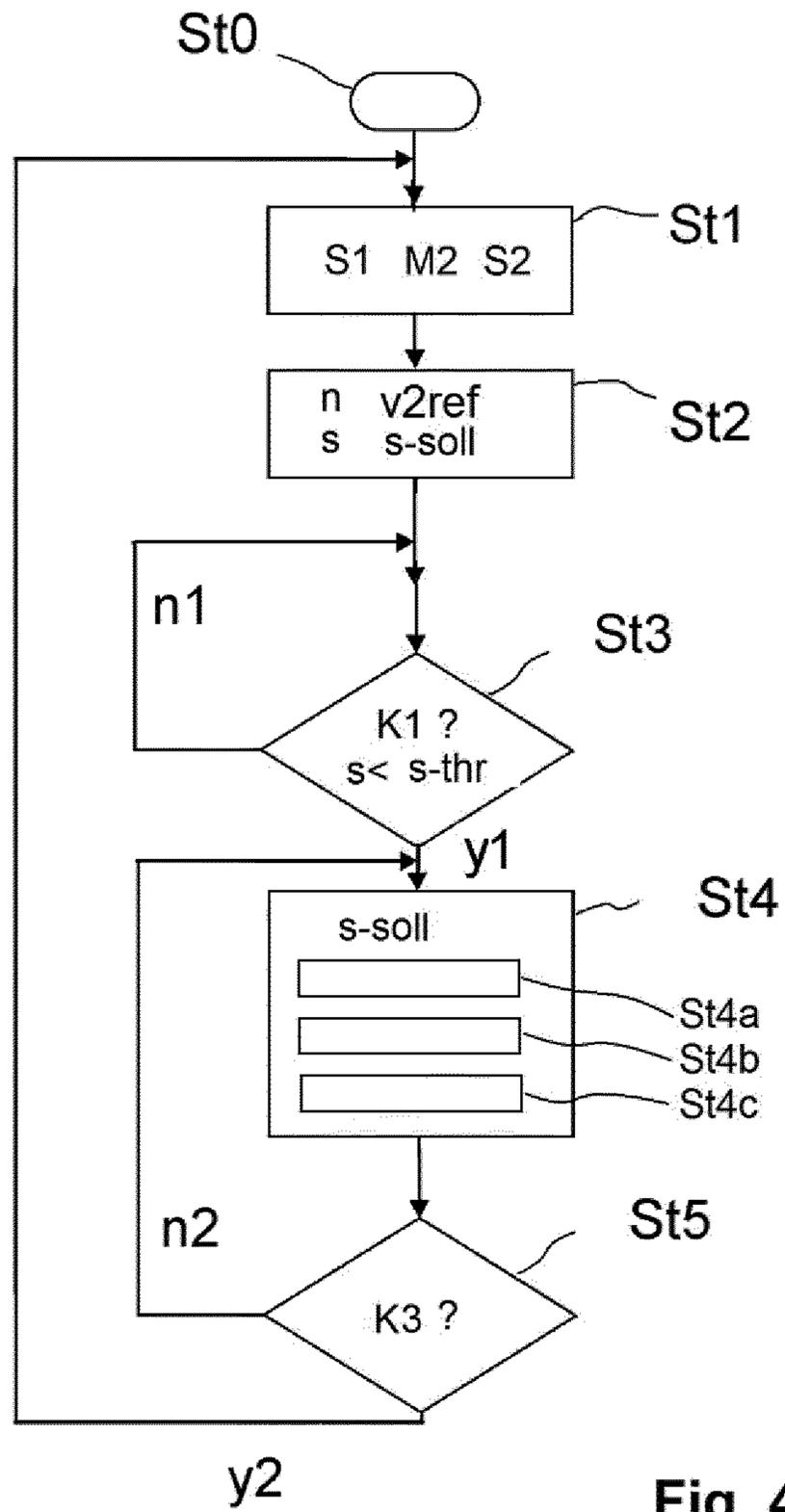


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/084047

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B60T 8/172</i> (2006.01)i; <i>B60T 8/1755</i> (2006.01)i; <i>B60W 20/00</i> (2016.01)i 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) B60T; B60W		
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 practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	WO 2011083004 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]; PORSCHE AG [DE] ET AL.) 14 July 2011 (2011-07-14) abstract; all the figures page 8, line 4 page 8, lines 11-18 page 9, last line page 13, last paragraph - page 14, first paragraph page 17, lines 4-12 page 17, lines 13-22	1-3,5,7,9-22 4,6,8
X	DE 102013226894 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]; CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 25 June 2015 (2015-06-25) abstract; figure 1 paragraph [0026]	1,21
A	DE 102010003076 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 18 August 2011 (2011-08-18) cited in the application abstract	1-22
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent 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 27 January 2021		Date of mailing of the international search report 10 February 2021
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Gaillard, Alain Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2020/084047

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2011083004	A1	14 July 2011	CN	102844232	A	26 December 2012
				DE	112010004822	A5	27 September 2012
				EP	2512886	A1	24 October 2012
				KR	20120126071	A	20 November 2012
				US	2013013151	A1	10 January 2013
				WO	2011083004	A1	14 July 2011

DE	102013226894	A1	25 June 2015	NONE			

DE	102010003076	A1	18 August 2011	CN	102574511	A	11 July 2012
				DE	102010003076	A1	18 August 2011
				EP	2462013	A1	13 June 2012
				KR	20120054033	A	29 May 2012
				US	2012130581	A1	24 May 2012
				WO	2011015422	A1	10 February 2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B60T8/172 B60T8/1755 B60W20/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B60T B60W		
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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	WO 2011/083004 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]; PORSCHE AG [DE] ET AL.) 14. Juli 2011 (2011-07-14) Zusammenfassung; Abbildung all Seite 8, Zeile 4 Seite 8, Zeilen 11-18 Seite 9, letzter Zeile Seite 13, letzter Absatz - Seite 14, Absatz erster Seite 17, Zeilen 4-12 Seite 17, Zeilen 13-22	1-3,5,7, 9-22 4,6,8
X	DE 10 2013 226894 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]; CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 25. Juni 2015 (2015-06-25) Zusammenfassung; Abbildung 1 Absatz [0026]	1,21
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
27. Januar 2021		10/02/2021
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Gaillard, Alain

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2010 003076 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 18. August 2011 (2011-08-18) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung -----	1-22

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/084047

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2011083004 A1	14-07-2011	CN 102844232 A DE 112010004822 A5 EP 2512886 A1 KR 20120126071 A US 2013013151 A1 WO 2011083004 A1	26-12-2012 27-09-2012 24-10-2012 20-11-2012 10-01-2013 14-07-2011

DE 102013226894 A1	25-06-2015	KEINE	

DE 102010003076 A1	18-08-2011	CN 102574511 A DE 102010003076 A1 EP 2462013 A1 KR 20120054033 A US 2012130581 A1 WO 2011015422 A1	11-07-2012 18-08-2011 13-06-2012 29-05-2012 24-05-2012 10-02-2011
