

(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
5. Dezember 2013 (05.12.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/178382 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
B60L 15/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/056654

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. März 2013 (28.03.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 209 000.2 29. Mai 2012 (29.05.2012) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: FIEGE, Ludger; Goethering 14, 85567 Grafing
(DE). KUHN, Karl-Josef; Erasmusstraße 8, 81739
München (DE). SCHMID, Thomas; Waldeckstr. 5, 72622
Nürtingen (DE).

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

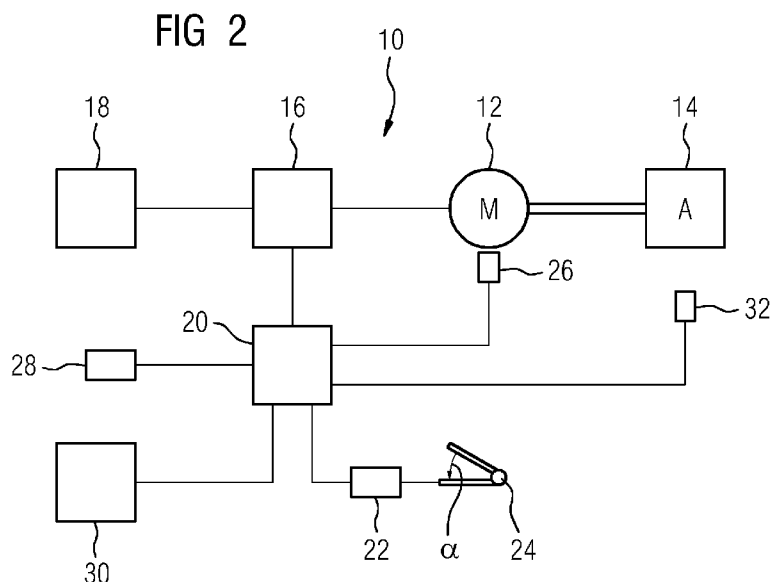
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DRIVER ASSISTANCE SYSTEM AND METHOD FOR DRIVER ASSISTANCE

(54) Bezeichnung : FAHRERASSISTENZSYSTEM UND VERFAHREN ZUR FAHRERASSISTENZ



(57) Abstract: The invention relates to a driver assistance system for a vehicle driven by means of an electric motor (12) having an accelerator pedal (24), a pedal value encoder (22) for detecting an accelerator pedal excursion (α), a velocity encoder (26) for determining an actual velocity of the electric motor (12), and a regulating device (20) which determines a target velocity of the vehicle in dependence on the accelerator pedal excursion (α) and regulates the actual velocity of the electric motor (12) according to the target velocity.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Die Erfindung betrifft ein Fahrerassistenzsystem für ein mittels eines Elektromotors (12) angetriebenes Fahrzeug mit einem Fahrpedal (24), einem Pedalwertgeber (22) zur Erfassung einer Fahrpedalauslenkung (α), einem Drehzahlgeber (26) zur Bestimmung einer Istdrehzahl des Elektromotors (12), und einer Regelvorrichtung (20), die eine Sollgeschwindigkeit des Fahrzeugs in Abhängigkeit der Fahrpedalauslenkung (α) bestimmt und die Istdrehzahl des Elektromotors (12) entsprechend der Sollgeschwindigkeit regelt.

Fahrerassistenzsystem und Verfahren zur Fahrerassistenz

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Fahrerassistenzsystem und ein Verfahren zur Fahrerassistenz in einem Fahrzeug, das mittels eines Elektromotors angetrieben wird, insbesondere einem Elektrofahrzeug.
- 10 Fahrzeuge mit Elektroantrieb weisen üblicherweise einen Elektromotor auf, der mit einem Antriebsstrang kraft- oder formschlüssig verbunden ist. Der Antriebsstrang leitet das vom Elektromotor bereitgestellte Drehmoment an die Räder des Fahrzeugs weiter und ermöglicht so die Kraftübertragung auf
- 15 die Fahrbahn. Der Antriebsstrang beinhaltet z.B. eine Antriebsachse, ein Differential, die Räder, sowie ggf. ein Getriebe und/oder eine Kupplung. Über ein Fahrpedal und einen Pedalwertgeber nimmt der Fahrer eines Fahrzeugs üblicherweise Einfluss auf die Motorsteuerung und damit auf die Fahrge-
- 20 schwindigkeit des Fahrzeugs. Hierbei wird herkömmlicherweise mit zunehmender Auslenkung des Fahrpedals eine zunehmende Beschleunigung des Fahrzeugs erwünscht, dementsprechend das Drehmoment eines Antriebsmotors erhöht und hierdurch eine Beschleunigung des Fahrzeugs erreicht.
- 25 Auf Strecken mit starker Änderung der Fahrbahnneigung, z.B. wenn das Fahrzeug einen Bordstein hinaufgefahren werden soll, kann es zu einem ungewollten Überschießen des Fahrzeugs, d.h. zu einer plötzlichen Geschwindigkeitszunahme kommen. In Figur
- 30 1 ist der prinzipielle Verlauf der benötigten Leistung $M(t)$ beim Befahren eines Bordsteins gezeigt. Mit Erreichen des Rads an der Bordsteinkante zum Zeitpunkt t_1 steigt die benötigte Motorleistung $M(t)$ sprunghaft an. Zu diesem Zeitpunkt muss der Fahrer das Fahrpedal weiter auslenken, damit die Motorleistung gesteigert wird. Sobald das Rad des Fahrzeugs zum
- 35 Zeitpunkt t_2 oben auf dem Bordstein angelangt ist, nimmt die erforderliche Motorleistung sprunghaft wieder ab. Will der

Fahrer eine Beschleunigung des Fahrzeugs vermeiden, so muss er zum Zeitpunkt t_2 die Auslenkung des Fahrpedals zurücknehmen und so die Motorleistung reduzieren. Ein zu frühes oder zu starkes Reduzieren der Motorleistung würde das Fahrzeug den Bordstein wieder hinunterrutschen lassen, ein zu spätes oder zu geringes Reduzieren würde zu voranstehend beschriebem Überschießen des Fahrzeugs führen. Die Motorleistung zum richtigen Zeitpunkt und um das richtige Maß zurückzunehmen, erfordert einen geübten und erfahrenen Fahrer. Häufig kommt es mit Erreichen des Bordsteins zum Zeitpunkt t_2 zu einer ungewollten plötzlichen Zunahme der Fahrzeuggeschwindigkeit $v_1(t)$, wie sie in Figur 1 dargestellt ist. Dies kann zu gefährlichen Situationen führen, etwa dann, wenn die Platzsituation rund um das Fahrzeug beengt ist oder Hindernisse in der Nähe des Fahrzeugs vorhanden sind.

Demnach ist es Aufgabe der Erfindung, ein Fahrerassistenzsystem sowie ein Verfahren zur Fahrerassistenz für ein mittels eines Elektromotors angetriebenes Fahrzeug anzugeben, mit der die Beherrschbarkeit des Fahrzeugs verbessert wird.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die Vorrichtung gemäß Patentanspruch 1 und durch das Verfahren gemäß Patentanspruch 7.

Ein Fahrerassistenzsystem für ein mittels eines Elektromotors angetriebenes Fahrzeug beinhaltet ein Fahrpedal, einen Pedalwertgeber zur Erfassung einer Fahrpedalauslenkung, sowie einen Drehzahlgeber zur Bestimmung einer Istdrehzahl des Elektromotors. Eine Regelvorrichtung bestimmt eine Sollgeschwindigkeit des Fahrzeugs in Abhängigkeit der Fahrpedalauslenkung. Die Regelvorrichtung regelt die Istdrehzahl des Elektromotors in Abhängigkeit der Sollgeschwindigkeit des Fahrzeugs.

Das Fahrerassistenzsystem betrifft Fahrzeuge, die mit einem Elektromotor oder mehreren Elektromotoren angetrieben werden. Das Fahrerassistenzsystem kann in Fahrzeugen eingesetzt wer-

den, die ausschließlich durch einen oder mehrere Elektromotor angetrieben werden, wie z.B. Elektroautos, oder in Fahrzeugen, die neben dem Elektromotor noch über einen Verbrennungsmotor verfügen, wie z.B. Hybridfahrzeuge oder Hybridautos.

5 Die Fahrzeuge dienen vorzugsweise der Personenbeförderung.

Als Elektromotor werden beispielsweise Drehstrommaschinen verwendet, wie z.B. Synchronmotoren oder Asynchronmotoren. Es können jedoch auch Gleichstrommaschinen, wie z.B. bürstenlose Gleichstrommotoren eingesetzt werden. Der Elektromotor hat
10 beispielsweise eine Leistung im Bereich von 20 kW bis 300 kW, vorzugsweise im Bereich von 40 kW bis 200 kW. Insbesondere bei Verwendung des Fahrerassistenzsystems in einem Hybridfahrzeug kann die Nennleistung im Bereich von 20 kW bis 150
15 kW liegen. Bei Verwendung des Fahrerassistenzsystems in einem Elektroauto hat der Elektromotor beispielsweise eine Peakleistung in einem Bereich von 20 kW bis 300 kW. Alternativ kann der Elektromotor auch andere Leistungen aufweisen.

20 Der Elektromotor ist z.B. an einen Antriebsstrang des Fahrzeugs gekoppelt. Der Antriebsstrang umfasst z.B. ein Getriebe, eine Antriebsachse und Reifen. Die Kopplung zwischen Elektromotor und Antriebsstrang kann kraftschlüssig über eine Kupplung, z.B. eine Reibkupplung oder eine Fluidkupplung erfolgen.
25 folgen. Alternativ kann der Elektromotor z.B. über ein Getriebe formschlüssig mit dem Antriebsstrang verbunden sein. Alternativ kann das Fahrzeug auch z.B. von zwei Motoren angetrieben werden, wobei die Funktion eines Differentials durch Software nachgebildet wird und die beiden Motoren entsprechend
30 angesteuert werden.

Das Fahrzeug weist ein Fahrpedal auf, mit dem der Fahrer Einfluss auf die Motorsteuerung nehmen kann. Das Fahrpedal ist üblicherweise im Fußraum des Fahrzeugs angeordnet und mit dem
35 Fuß zu bedienen. Ein Pedalwertgeber erfasst die Fahrpedalauslenkung, d.h. die Auslenkung des Fahrpedals aus einer Ruhestellung. Der Pedalwertgeber kann beispielsweise ein Poten-

tiometer oder ein Sensor sein. Der Pedalwertgeber ist z.B. an dem Fahrpedal oder in der Nähe des Fahrpedals angeordnet.

Bei Auslenkung des Fahrpedals gibt der Pedalwertgeber ein
5 Signal an die Regelvorrichtung. Hierzu ist der Pedalwertgeber mit der Regelvorrichtung verbunden. Der Pedalwertgeber kann beispielsweise elektrisch an die Regelvorrichtung angeschlossen sein oder beispielsweise induktiv an diese gekoppelt sein. Alternativ kann der Pedalwertgeber auch über eine
10 elektronische Kommunikationsverbindung mit der Regelvorrichtung verbunden sein, z.B. über ein Netzwerk. Aus dem vom Pedalwertgeber gegebenen Signal bestimmt die Regelvorrichtung die Sollgeschwindigkeit des Fahrzeugs. Hierzu kann beispielsweise eine Kennlinie verwendet werden, die einen Zusammenhang
15 zwischen Fahrpedalauslenkung und Sollgeschwindigkeit darstellt. Es kann z.B. eine lineare Kennlinie, eine exponentielle Kennlinie oder beliebige andere Kennlinien verwendet werden. Somit gibt der Fahrer durch die Auslenkung des Fahrpedals nicht mehr – wie bislang üblich – das Motormoment vor,
20 sondern die Geschwindigkeit des Fahrzeugs. Das Fahrerassistenzsystem ist leicht und intuitiv zu bedienen und bietet dem Fahrer maximalen Fahrkomfort.

Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs wird von der Regelvor-
25 richtung auf den vom Fahrer vorgegebenen Betrag geregelt.

Zur Regelung der Geschwindigkeit wird die Istdrehzahl des Elektromotors durch einen Drehzahlgeber bestimmt und ein Drehzahlsignal an die Regelvorrichtung gegeben. Der Drehzahl-
30 geber kann z.B. ein Drehzahlsensor sein. Dieser kann z.B. an der Motorachse, an der Antriebsachse des Fahrzeugs oder an einem Reifen vorgesehen sein. Alternativ wird die Drehzahl z.B. durch eine Motorsteuerung bestimmt und das Drehzahlsignal wird von dieser an die Regelvorrichtung weitergegeben. In
35 diesem Fall dient die Motorsteuerung als Drehzahlgeber.

Die Regelvorrichtung erhält die Signale vom Pedalwertgeber und Drehzahlgeber. Dies kann beispielsweise über eine elektrische Leitung erfolgen. Alternativ kann eine elektronische Kommunikationsverbindung, wie z.B. ein Netzwerk, verwendet werden. Weiterhin gibt die Regelvorrichtung Signale für die Motorregelung vor. Hierzu ist die Regelvorrichtung an den Elektromotor gekoppelt. Z.B. kann die Regelvorrichtung über einen Frequenzumrichter mit dem Elektromotor verbunden sein. In diesem Fall gibt die Regelvorrichtung Signale an den Frequenzumrichter weiter, der wiederum die Betriebsparameter an den Elektromotor weiterleitet. Alternativ kann die Regelvorrichtung direkt mit dem Motor verbunden sein. In einer weiteren Alternative kann die Regelvorrichtung in eine elektronische Kommunikationsverbindung eingebunden sein, wie z.B. ein Netzwerk. Die Regelvorrichtung ist vorzugsweise eine elektronische Regelvorrichtung, alternativ kann eine analoge Regelvorrichtung verwendet werden. Die Regelvorrichtung kann ein bereits im Fahrzeug vorhandenes Regelgerät sein, in welches das nachfolgend beschriebene Verfahren implementiert ist. Alternativ kann die Regelvorrichtung zusätzlich zu weiteren Regel- oder Steuergeräten, wie z.B. der Motorsteuerung, im Fahrzeug angeordnet sein. Die Regelvorrichtung kann ein einzelnes Regelgerät oder mehrere Regelgeräte aufweisen.

In einer Ausgestaltung gibt das Fahrpedal bei maximaler Auslenkung eine Sollgeschwindigkeit im Schrittempo vor, d.h. die maximal einstellbare Sollgeschwindigkeit beträgt weniger als 3,6 km/h (Kilometer pro Stunde). Hierzu wird beispielsweise die Kennlinie so gewählt, dass die vom Fahrer bei maximaler Fahrpedalauslenkung einstellbare Maximalgeschwindigkeit auf geringe Geschwindigkeiten begrenzt ist, z.B. auf Schrittempo und vorzugsweise auf eine Geschwindigkeit von 3 km/h, 2 km/h oder 1 km/h. Es hat sich gezeigt, dass gerade durch die Kombination einer Drehzahlregelung des Motors, einer Reduzierung der Maximalgeschwindigkeit auf einen geringen Geschwindigkeitsbetrag und der Vorgabe der Wunschgeschwindigkeit durch das Fahrpedal ein überaus gut kontrollierbares und

schnell zu regelndes Gesamtsystem zur Fahrerassistenz bereitgestellt wird.

Die Fahrzeuggeschwindigkeit wird auch dann konstant gehalten,
5 wenn sich das erforderliche Motormoment ändert. Dies führt zu einer deutlich erleichterten Bedienbarkeit des Fahrzeugs in Kombination mit größtmöglicher Kontrolle über das Fahrzeug. Denn der Fahrer ist nicht länger gezwungen, auf geänderte Leistungsanforderungen an den Motor mit einer Betätigung des
10 Fahrpedals zu reagieren. Vielmehr übernimmt die Regelung diese Aufgabe für den Fahrer. Gleichzeitig kann der Fahrer über die Auslenkung des Fahrpedals die Geschwindigkeit intuitiv und sehr genau vorgeben. Somit werden gefährliche Situationen, wie z.B. ein ungewolltes starkes Beschleunigen des Fahr-
15 zeugs bei Erreichen einer Bordsteinoberkante vermieden.

In einer Ausgestaltung weist das Fahrerassistenzsystem eine Motormomentanzeige auf. Diese ist vorzugsweise im Cockpit des Fahrzeugs angeordnet und zeigt dem Fahrer die momentane Be-
20 lastung des Motors an. Die Motormomentanzeige ist beispielsweise an die Steuervorrichtung angeschlossen oder kann mit dieser über eine elektronische Kommunikationsverbindung verbunden sein. Alternativ kann die Motormomentanzeige z.B. auch an einen Frequenzumrichter angeschlossen sein. So kann der
25 Fahrer eine mögliche Überlastung des Motor frühzeitig erkennen und verhindern.

Handelt es sich bei dem Elektromotor um einen Drehstrommotor, so wird dieser vorzugsweise unter Verwendung eines Frequenz-
30 umrichters betrieben. Der Frequenzumrichter ist an die Stromversorgung des Fahrzeugs, z.B. einen oder mehrere Akkumulatoren angeschlossen. Der Frequenzumrichter gibt ein elektrisches Drehfeld vor, das von der Regelvorrichtung geregelt wird. In einer Ausgestaltung der Erfindung gibt die Regelvor-
35 richtung eine Frequenz, eine Spannung und/oder einen Strom des Drehfeldes vor.

Bei einer weiteren Ausgestaltung des Fahrerassistenzsystems ist der Elektromotor ein fremderregter Synchronmotor, d.h. ein Synchronmotor, bei dem das Magnetfeld des Rotors durch ein Erregerfeld erzeugt wird. Ein elektrisches Drehfeld versetzt den Läufer in Rotation. Hierbei ist die Drehzahl des Rotors starr an eine Frequenz des Drehfeldes gekoppelt. Bei dieser Ausgestaltung gibt die Regelvorrichtung anhand einer ermittelten Solldrehzahl des Motors eine Sollfrequenz des Drehfeldes vor. Zur Geschwindigkeitsregelung werden dann die Stellgrößen Spannung und/oder Strom des Drehfeldes, sowie Frequenz des Erregerfeldes geregelt.

Bei einer weiteren Ausgestaltung des Fahrerassistenzsystems ist der Elektromotor ein Asynchronmotor. Die Drehzahl des Rotors des Asynchronmotors ist nicht starr an die Frequenz des Drehfeldes gekoppelt, so dass bei steigendem Lastmoment an der Motorachse der Schlupf steigt. Bei dieser Ausgestaltung wird die Solldrehzahl des Motors von der Regelvorrichtung durch Änderung der Stellgrößen Frequenz, Spannung und/oder Strom des Drehfeldes geregelt.

Bei einer Ausgestaltung ist das Fahrerassistenzsystem bzw. das Verfahren zur Fahrerassistenz in Betrieb, sobald der Elektromotor gestartet ist. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung muss das Verfahren zur Fahrerassistenz zunächst aktiv über ein Schalter gestartet werden. Bei dieser Ausgestaltung weist das Fahrerassistenzsystem einen Schalter zum Starten und/oder Beenden des Fahrerassistenzsystems auf. Dieser Schalter kann z.B. als manuell zu betätigender Schalter im Cockpit des Fahrzeugs angeordnet sein. Alternativ kann der Schalter auch im Fußraum des Fahrzeugs angeordnet sein und z.B. betätigt werden, indem das Fahrpedal bis zum Anschlag ausgelenkt wird, ähnlich einem Kick-down Schalter. Der Schalter ermöglicht eine individuelle Nutzung des Assistenzsystems.

In einer weiteren Ausgestaltung ist das Fahrerassistenzsystem nur in einem vorbestimmten Geschwindigkeitsbereich betriebsbereit, z.B. nur solange eine vorgegebene Grenzgeschwindigkeit des Fahrzeugs unterschritten wird. Diese Grenzgeschwindigkeit kann beispielsweise 3 km/h, oder 2 km/h oder 1 km/h betragen. Vorzugsweise regelt die Regelvorrichtung nur, wenn die Istgeschwindigkeit des Fahrzeugs unterhalb der vorgegebenen Grenzgeschwindigkeit liegt. Vorzugsweise ist die Grenzgeschwindigkeit gleich einer durch die Kennlinie vorgegebenen Maximalgeschwindigkeit. Das Assistenzsystem ist dazu gedacht, Fahrer beim Rangieren bzw. beim Erklimmen eines Bordsteins oder einer ähnlichen stufenförmigen Erhebung zu unterstützen. Die o.g. Grenzgeschwindigkeiten stellen sicher, dass der Fahrerassistent nicht bei Geschwindigkeiten verwendet wird, die für die Einsatzzwecke des Fahrerassistenzsystems ungeeignet sind.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist das Fahrerassistenzsystem mit einem PDC (Park Distance Control)-System des Fahrzeugs verbunden, z.B. über eine elektronische Kommunikationsverbindung, oder kann an das Fahrerassistenzsystem gekoppelt sein. Das PDC-System ist vorzugsweise ein herkömmliches PDC-System. Das PDC-System ist beispielsweise mit der Regelvorrichtung elektrisch verbunden oder elektrisch an diese gekoppelt. Somit kann das - üblicherweise akustische oder audiovisuelle - Warnsignal des PDC-Systems auch bei Betrieb des Fahrerassistenzsystems verwendet werden. Hierdurch wird der Fahrer bei Nutzung des Fahrerassistenzsystems über eventuell vor oder hinter dem Fahrzeug befindliche Hindernisse informiert. Weiterhin kann das Signal des PDC-Systems für das Verfahren zur Fahrerassistenz verwendet werden.

Das Verfahren zur Fahrerassistenz beinhaltet die Schritte eines Erfassens der Fahrpedalauslenkung und ein Bestimmen einer Sollgeschwindigkeit des Fahrzeugs in Abhängigkeit der Fahrpedalauslenkung. Eine Istdrehzahl des Elektromotors wird bestimmt und die Istdrehzahl des Elektromotors wird dann in Ab-

hängigkeit von der ermittelten Sollgeschwindigkeit des Fahrzeugs geregelt. Somit entlastet das Verfahren zur Fahrerassistenz den Fahrer gerade in Fahrsituationen, die eine schnelle Änderung des Motormoments erfordern. Denn der Fahrer kann über die Fahrpedalstellung eine Wunschgeschwindigkeit vorgeben, die durch das Verfahren zur Fahrerassistenz unabhängig von der Beschaffenheit der Fahrbahn geregelt wird.

In einer Ausgestaltung wird zur Regelung der Istdrehzahl des Elektromotors zunächst eine Solldrehzahl ermittelt. Die Solldrehzahl des Elektromotors wird aus der Sollgeschwindigkeit des Fahrzeugs unter Berücksichtigung weiterer Fahrzeugkenngrößen, wie z.B. dem Untersetzungsverhältnis zwischen Motorachse und Antriebsachse, dem Raddurchmesser u.ä. bestimmt.

Dann wird die Istdrehzahl des Elektromotors so geregelt, dass sie im Wesentlichen der Solldrehzahl entspricht, d.h. dass die Istdrehzahl nur um einen vorbestimmten Betrag von der Solldrehzahl abweicht. Folglich gilt:

$$\text{Istdrehzahl} = \text{Solldrehzahl} \pm \Delta n,$$

wobei Δn ein vorgegebener Grenzwert für eine tolerierbare Abweichung ist. Der vorgegebene Grenzwert muss z.B. kein fester Wert sein und kann beispielsweise lernfähig oder fahrerabhängig sein. Alternativ kann der vorgegebene Grenzwert ein fester Wert sein und kann z.B. 3% der Solldrehzahl betragen. Alternativ kann die Abweichung 2% oder 1% der Solldrehzahl betragen. In noch einer Alternative kann ein fester Drehzahlbetrag als Grenzwert vorgegeben sein, z.B. 10 U/min (Umdrehungen pro Minute) oder beliebige andere Drehzahlbeträge. Durch die Drehzahlregelung wird sichergestellt, dass auch bei plötzlich veränderten Momentenanforderungen, wie z.B. bei sprunghaftem Ansteigen oder Nachlassen der Momentenanforderung, die Geschwindigkeit des Fahrzeugs nahezu konstant gehalten werden kann.

In einer Weiterbildung des Verfahrens beträgt die maximal einstellbare Sollgeschwindigkeit Schrittempo, d.h. die Maximalgeschwindigkeit beträgt weniger als 3,6 km/h. Die Reduzierung der maximalen Sollgeschwindigkeit auf Schrittempo verbessert die Einstellbarkeit der Geschwindigkeit durch den Fahrer.

In einer anderen Weiterbildung wird die Maximalgeschwindigkeit auf geringe Geschwindigkeiten begrenzt, z.B. auf Schrittempo und vorzugsweise auf eine Geschwindigkeit von 3 km/h, 2 km/h oder 1 km/h. Es hat sich gezeigt, dass gerade durch die Kombination einer Regelung der Motordrehzahl, einer Reduzierung der Maximalgeschwindigkeit auf einen geringen Geschwindigkeitsbetrag und der Vorgabe der Wunschgeschwindigkeit durch das Fahrpedal das Verfahren zur Fahrerassistenz besonders gut kontrollierbar und schnell zu regeln ist.

Das Verfahren wird in einer Weiterbildung nur dann durchgeführt, wenn eine ermittelte Istgeschwindigkeit des Fahrzeugs kleiner als die vorgegebene Grenzgeschwindigkeit ist. Hierdurch wird verhindert, dass das Verfahren bei zu hohen Geschwindigkeiten eingesetzt wird.

Durch die Möglichkeit, das Verfahren durch die Betätigung eines Schalters zu starten und/oder zu beenden, wird in einer Weiterbildung eine besonders große Bedienfreundlichkeit erzielt.

In einer anderen Weiterbildung erhält der Fahrer noch zusätzliche Informationen über den Betriebszustand des Motors, indem er über das Motormoment des Elektromotors informiert wird. Dies kann beispielsweise über eine optische Anzeige im Cockpit erfolgen. Alternativ kann der Fahrer haptisch informiert werden, z.B. über eine Rückkopplung im Fahrpedal. Beispielsweise kann das Fahrpedal bei Erreichen eines maximal zulässigen Motormoments vibrieren. In einer weiteren Alternative kann die Kraft, die zum Auslenken des Fahrpedals notwen-

dig ist, mit steigendem Motormoment ansteigen. Weiterhin kann die Information über das Motormoment auch akustisch, z.B. mit einem Warnton bei Erreichen eines maximalen Motormoments erfolgen.

5

Durch die zusätzliche Verwendung des PDC-Systems während des Verfahrens zur Fahrerassistenz in einer Ausgestaltung wird die Fahrzeugkontrolle weiter erhöht. In einer Weiterbildung wird das PDC-Signal beim Bestimmen der Sollgeschwindigkeit
10 des Fahrzeugs berücksichtigt. Hierzu kann z.B. die Kennlinie, welche den Zusammenhang zwischen Fahrpedalauslenkung und Sollgeschwindigkeit darstellt, in Abhängigkeit des PDC-Signals verändert werden. Alternativ kann die Kennlinie mit einem vom PDC-Signal abhängigen Wert überlagert werden. So
15 wird z.B. die maximal einstellbare Sollgeschwindigkeit verringert, wenn ein Hindernis, wie z.B. ein anderes Fahrzeug, durch das PDC-System erfasst wird. Beispielsweise kann die Sollgeschwindigkeit bei dieser Weiterbildung bis auf einen Wert von 0 km/h reduziert werden. Alternativ kann das Signal
20 des PDC-Systems z.B. verwendet werden, um das Verfahren zur Fahrerassistenz zu beenden. Somit kann eine Motorüberlastung ebenso wie eine Kollision mit Hindernissen sicher vermieden werden.

25 In noch einer anderen Weiterbildung kann das Verfahren zur Fahrerassistenz beendet werden, wenn die Motorlast ein zulässiges Maximalmoment überschreitet. Auch hierdurch wird eine Motorüberlastung sicher vermieden.

30 In einer anderen Weiterbildung kann das Verfahren zur Fahrerassistenz z.B. durch Betätigung der Fahrzeugbremse beendet werden. Dies ermöglicht ein einfaches und intuitives Beenden des Verfahrens.

35 In noch einer Weiterbildung wird beim Beenden des Verfahrens zur Fahrerassistenz die Fahrzeugbremse betätigt. Hierzu kann das Fahrerassistenzsystem mit der Fahrzeugbremse verbunden

sein oder mit einem Steuergerät zur Aktivierung der Fahrzeugbremse. Durch die Betätigung der Bremse beim Beenden des Fahrerassistenzverfahrens wird ein unkontrolliertes Bewegen des Fahrzeugs automatisch verhindert.

5

Mit anderen Worten stellt die Erfindung eine Assistenzfunktion bereit, die es selbst ungeübten Fahrern problemlos ermöglicht, mit dem Fahrzeug eine Bordsteinkante oder ähnliche Hindernisse zu erklimmen. Hierzu erfolgt die Motoransteuerung eines Elektromotors mit ausreichender Motorisierung bei langsamen Geschwindigkeiten über die Drehzahl anstatt der für diesen Geschwindigkeitsbereich typischen Momentenregelung. Somit kann das Fahrzeug mit nahezu konstanter Geschwindigkeit das Hindernis erklimmen.

15

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

20

Es zeigen:

25

Figur 1 ein Diagramm mit Geschwindigkeitsverläufen beim Erklimmen eines Bordsteins,

Figur 2 ein Fahrerassistenzsystem gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung

30

Figur 3 ein Verfahren zur Fahrerassistenz gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung

Figur 4 eine Prinzipskizze einer Drehzahlregelung gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

35

Figur 1 zeigt am Beispiel des Erklimmens eines Bordsteins, wie durch die Verwendung des Fahrerassistenzsystems und des Verfahrens zur Fahrerassistenz eine gleichmäßige Geschwindigkeit und optimale Fahrzeugkontrolle erzielt wird. Obwohl der

Verlauf des am Elektromotor anliegenden Lastmoments zu den Zeitpunkten t_1 und t_2 starke Sprünge aufweist, wird mithilfe des Fahrerassistenzsystems und des Verfahrens eine weitgehend konstante Geschwindigkeit $v_2(t)$ beibehalten. Weder ein
5 sprunghaft ansteigendes Lastmoment, wie z.B. $M(t)$ zum Zeitpunkt t_1 , noch ein sprunghaft verringertes Lastmoment, z.B. $M(t)$ bei t_2 , führt zu einer nennenswerten Geschwindigkeitsänderung. Die voranstehend beschriebene unkontrollierte Geschwindigkeitszunahme (siehe Verlauf $v_1(t)$ zum Zeitpunkt t_2)
10 wird vermieden.

Figur 2 zeigt ein Fahrerassistenzsystem 10 gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Das Fahrerassistenzsystem 10 weist einen Elektromotor 12 auf, der mit einem Antriebsstrang
15 14 verbunden ist. Der Elektromotor 12 ist z.B. ein Drehstrommotor. Beispielsweise ist der Elektromotor 12 ein Asynchronmotor oder alternativ ein Synchronmotor, wie z.B. ein permanenterregter Synchronmotor oder ein fremderregter Synchronmotor. In einer weiteren Alternative ist der Elektromotor 12
20 ein elektronisch kommutierter Gleichstrommotor.

Der Elektromotor ist an seiner Motorachse formschlüssig durch ein Untersetzungsgetriebe mit dem Antriebsstrang verbunden. In einer nicht gezeigten Weiterbildung ist der Elektromotor
25 kraftschlüssig mit dem Antriebsstrang verbunden. Der Antriebsstrang 14 leitet das vom Elektromotor bereitgestellte Drehmoment an die Räder des Fahrzeugs weiter und ermöglicht so die Kraftübertragung auf die Fahrbahn. Der Antriebsstrang 14 beinhaltet z.B. eine Antriebsachse, ein Differential, die
30 Räder, sowie ggf. ein Getriebe und/oder eine Kupplung.

Der Elektromotor 12 ist weiterhin über einen Frequenzumrichter 16 mit einem Akkumulator 18 (oder alternativ mehreren Akkumulatoren) verbunden. Der Akkumulator 18 dient der
35 Stromversorgung des Elektromotors.

Der Frequenzumrichter 16 ist mit einer Regelvorrichtung 20 verbunden. Die Regelvorrichtung 20 ist mit einem Pedalwertgeber 22 verbunden. Der Pedalwertgeber 22 erfasst die Auslenkung α eines Fahrpedals 24. Des Weiteren weist das Fahrerassistenzsystem 10 einen Drehzahlgeber 26 auf, der mit der Regelvorrichtung 20 verbunden ist. Der Drehzahlgeber 26 ist, wie in Figur 2 gezeigt, ein Drehzahlsensor, der in der Nähe der Motorachse des Elektromotors 12 angeordnet ist. Alternativ kann der Drehzahlsensor auch im Antriebsstrang 14, z.B. in der Nähe der Antriebswelle oder der Räder angeordnet sein. In einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Drehzahlgeber 26 durch eine Motorsteuerung realisiert, die mit der Regelvorrichtung verbunden ist, und die eine Drehzahl des Elektromotors 12 z.B. sensorlos bestimmt.

Ein Schalter 28 zum Ein- und Ausschalten des Fahrerassistenzsystems ist ebenfalls mit der Regelvorrichtung 20 verbunden. Der Schalter 28 ist optional. Das Fahrerassistenzsystem 10 kann alternativ auch ohne den Schalter 28 vorgesehen sein. Des Weiteren kann das Fahrerassistenzsystem 10 optional eine Motormomentanzeige 30 aufweisen, mit der der Fahrer über das vom Elektromotor 12 bereitgestellte Motormoment informiert wird. Die Motormomentanzeige 30 kann z.B. im Cockpit des Fahrgastraums angeordnet sein und ist mit der Regelvorrichtung 20 verbunden. In einer Weiterbildung ist die Regelvorrichtung 20 des Fahrerassistenzsystems mit einem PDC-System 32 des Fahrzeugs verbunden.

Der Frequenzumrichter 16, die Regelvorrichtung 20, der Pedalwertgeber 22 und der Drehzahlgeber 26 sind beispielsweise über elektrische Leitungen miteinander verbunden, alternativ können sie durch eine elektronische Kommunikationsverbindung miteinander verbunden sein. Ebenso können der optionale Schalter 28, die optionale Motormomentanzeige 30 und das PDC-System 32 über elektrische Leitungen angeschlossen sein oder mit in die elektronische Kommunikationsverbindung eingebunden sein.

Mit Bezug auf Figur 3 wird nunmehr ein Verfahrensablauf 40 zur Fahrerassistenz gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung anhand eines schematischen Flussdiagramms näher beschrieben.

Der Fahrer des Fahrzeugs lenkt das Fahrpedal 24 aus, um eine Wunschgeschwindigkeit vorzugeben. In Schritt 42 erfasst der Pedalwertgeber 22 die Auslenkung α des Fahrpedals 24. Aus dem vom Pedalwertgeber 22 erhaltenen Signal ermittelt die Regelvorrichtung 20 die Wunschgeschwindigkeit bzw. Sollgeschwindigkeit v_{Soll} des Fahrzeugs (Schritt 44). Hierzu wird vorzugsweise eine Kennlinie verwendet, die einen Zusammenhang zwischen Fahrpedalauslenkung α und Sollgeschwindigkeit v_{Soll} darstellt, z.B. eine lineare Kennlinie, eine exponentielle Kennlinie oder beliebige andere Kennlinien. Somit gibt der Fahrer durch die Auslenkung des Fahrpedals die Geschwindigkeit des Fahrzeugs vor.

Aus der ermittelten Sollgeschwindigkeit v_{Soll} wird nunmehr in Schritt 46 eine Solldrehzahl n_{Soll} des Elektromotors 12 bestimmt. Die Solldrehzahl n_{Soll} des Elektromotors 12 wird aus der Sollgeschwindigkeit v_{Soll} des Fahrzeugs unter Berücksichtigung weiterer Fahrzeugkenngrößen, wie z.B. dem Untersetzungsverhältnis zwischen Motorachse und Antriebsachse, dem Raddurchmesser u.ä. bestimmt. Die Schritte 44 und 46 werden von der Regelvorrichtung 20 durchgeführt. Die Regelvorrichtung 20 kann ein einzelnes Gerät sein, es können jedoch auch mehrere Einzelgeräte verwendet werden, die miteinander kommunizieren und gemeinsam die Regelvorrichtung 20 bilden.

Die tatsächliche Drehzahl n_{Ist} des Elektromotors 12 wird mithilfe des Drehzahlgebers 26 in Schritt 48 ermittelt. Gemäß Figur 3 wird Schritt 48 unabhängig von den Schritten 44 und 46 durchgeführt. Alternativ kann die Ermittlung der Istdrehzahl n_{Ist} zeitlich auch vor oder nach den Schritten 44 und 46 erfolgen.

Dann wird die Istdrehzahl n_{Ist} des Elektromotors 12 so geregelt, dass sie im Wesentlichen der Solldrehzahl n_{Soll} entspricht (Schritt 50), d.h. dass die Istdrehzahl n_{Ist} nur um
5 einen vorbestimmten Betrag Δn von der Solldrehzahl n_{Soll} abweicht. Folglich gilt:

$$n_{\text{Ist}} = n_{\text{Soll}} \pm \Delta n,$$

10 wobei Δn ein vorgegebener Grenzwert für eine tolerierbare Abweichung ist. Die Schritte 42 bis 50 werden wiederholt solange das Verfahren zur Fahrerassistenz durchgeführt wird.

Das voranstehend beschriebene Verfahren ist vorzugsweise aktiviert, sobald der Elektromotor 20 betrieben wird. Alternativ kann das voranstehend beschriebene Verfahren nur bei langsamen Fahrzeuggeschwindigkeiten durchgeführt werden, d.h. wenn das Fahrzeug eine Grenzgeschwindigkeit nicht überschreitet. Die Grenzgeschwindigkeit kann z.B. 3 km/h, oder aber 2
20 km/h oder 1 km/h betragen. Hierzu wird zu Beginn des voranstehend beschriebenen Verfahrens zunächst die Fahrzeuggeschwindigkeit bestimmt und mit der Grenzgeschwindigkeit verglichen. Die Fahrzeuggeschwindigkeit kann hierbei beispielsweise aus der ermittelten Istdrehzahl des Elektromotors berechnet werden. Überschreitet die Fahrzeuggeschwindigkeit die
25 Grenzgeschwindigkeit, so wird das Fahrerassistenzsystem nicht aktiviert.

Gemäß einer weiteren Alternative wird das mit Bezug auf Figur
30 3 beschriebene Verfahren durch die Betätigung des Schalters 28 vom Fahrer gestartet und/oder beendet.

Figur 4 zeigt ein Blockschaltbild zur Veranschaulichung einer Drehzahlregelung 60 des Verfahrens zur Fahrerassistenz gemäß
35 dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Die ermittelte Solldrehzahl n_{Soll} des Elektromotors 12 wird als Führungsgröße einem Drehzahlregler 62 zugeführt. Dieser bestimmt die Stellgrößen, welche zur Motorregelung vom Frequenzumrichter an den Motor weitergegeben werden. So werden
5 beispielsweise die Frequenz des Drehfeldes, das den Motor antreibt und die Spannung als Stellgrößen durch den Drehzahlregler 62 vorgegeben. Der Drehzahlregler 62 ist vorzugsweise ein PID-Regler, d.h. ein proportional-integral-differential wirkender Regler. Alternativ kann der Drehzahlregler 62 auch
10 ein Proportionalregler, ein proportional-integral wirkender Regler oder ein anderer geeigneter Reglertyp sein.

Das Lastmoment M_L , welches zeitlich nicht konstant ist und sich z.B. aufgrund von Änderungen in der Fahrbahnneigung
15 sprunghaft verändern kann, wirkt als Störgröße auf die Regelstrecke 64 ein und beeinflusst die Regelgröße n_{Ist} . Die Regelgröße n_{Ist} wird als Rückführgröße zum Drehzahlregler 62 zurückgeführt.

20 Darüber hinaus ist gemäß Figur 4 eine zusätzliche Momentenregelung 66 im Regelkreis 60 vorgesehen mit einem Drehmomentregler 68. Der Drehmomentregler 68 ist vorzugsweise ein PID-Regler, kann alternativ jedoch auch ein anderer Regler sein, wie z.B. ein Proportionalregler oder ein proportional-
25 integral wirkender Regler. Die Momentenregelung 66 wird von der Drehzahlregelung überlagert.

Die Regelglieder 62 und 68 sind rein schematisch dargestellt. Es versteht sich, dass der Fachmann für die Regelglieder 62
30 und 68 je nach Anforderungen an die Regelung geeignete Regelglieder wählt. Weiterhin können auch mehrere Regelglieder für den Drehzahlregler 62 oder den Drehmomentregler 68 verwendet werden.

35 Die voranstehend dargestellte Drehzahlregelung 60 kann sowohl als analoger als auch als digitaler Regelkreis ausgeführt werden. Die Drehzahlregelung 60 kann sowohl für Synchronmoto-

ren als auch für Asynchronmotoren durch geeignete Auslegung der Regelglieder 62 und 68 verwendet und im Fahrerassistenzsystem eingesetzt werden.

5 Das Fahrerassistenzsystem sowie das Verfahren zur Fahrerassistenz ermöglichen ein einfaches und kontrolliertes Erklimmen eines Bordsteins oder das einfache und kontrollierte Befahren von Fahrbahnuntergründen mit starken Steigungsänderungen. Jedoch ist das Fahrerassistenzsystem sowie das Verfahren
10 zur Fahrerassistenz ebenso z.B. beim Einparken auf Flächen mit starker Neigung, z.B. mit einer Neigung von mehr als 10% Prozent, hilfreich. Wird das Fahrzeug bergauf bewegt, so ist eine größere Motorleistung erforderlich, als bei einer Fahrzeugbewegung bergab. Ähnliches gilt auch, wenn das Fahrzeug
15 voll beladen ist, bzw. mit einem Fahrzeuganhänger, z.B. einem Wohnwagen betrieben wird. Diese Situationen sind für ungeübte Fahrer schwer zu kontrollieren und bieten somit ein Gefahrenpotential, dass durch das Fahrerassistenzsystem sowie das Verfahren reduziert wird.

20

Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus
25 abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Fahrerassistenzsystem für ein mittels eines Elektromotors (12) angetriebenes Fahrzeug mit:
 - 5 - einem Fahrpedal (24),
 - einem Pedalwertgeber (22) zur Erfassung einer Fahrpedalauslenkung (α),
 - einem Drehzahlgeber (26) zur Bestimmung einer Istdrehzahl des Elektromotors (12),
 - 10 - einer Regelvorrichtung (20), die eine Sollgeschwindigkeit des Fahrzeugs in Abhängigkeit der Fahrpedalauslenkung (α) bestimmt und die Istdrehzahl des Elektromotors (12) entsprechend der Sollgeschwindigkeit regelt.
- 15 2. Fahrerassistenzsystem gemäß Anspruch 1, wobei
 - das Fahrpedal (24) bei maximaler Auslenkung eine Sollgeschwindigkeit im Schrittempo vorgibt.
3. Fahrerassistenzsystem gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2,
20 bei dem
 - die Regelvorrichtung (20) Frequenz, Spannung und/oder Strom eines Drehfeldes vorgibt, welches den Elektromotor (12) antreibt.
- 25 4. Fahrerassistenzsystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, weiterhin mit:
 - einem Schalter (28) zum Starten und/oder Beenden des Fahrerassistenzsystems (10).
- 30 5. Fahrerassistenzsystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Fahrerassistenzsystem (10) nur unterhalb einer vorgegebenen Grenzgeschwindigkeit betriebsbereit ist.
6. Fahrerassistenzsystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5,
35 wobei das Fahrerassistenzsystem (10) weiterhin mit einem PDC-System (32) des Fahrzeugs verbunden ist.

7. Verfahren zur Fahrerassistenz in einem Fahrzeug, das mittels eines Elektromotors (12) angetrieben wird, mit den Schritten:

- Bestimmen (42) einer Fahrpedalauslenkung (α),
- 5 - Bestimmen (44) einer Sollgeschwindigkeit des Fahrzeugs in Abhängigkeit der Fahrpedalauslenkung (α),
- Bestimmen (48) einer Istdrehzahl des Elektromotors (12),
- Regeln (50) der Istdrehzahl des Elektromotors (12) in Abhängigkeit von der ermittelten Sollgeschwindigkeit des
- 10 Fahrzeugs.

8. Verfahren gemäß Patentanspruch 7, bei dem das Regeln (50) der Istdrehzahl die Schritte umfasst:

- Ermitteln (46) einer Solldrehzahl des Elektromotors (12) in
- 15 Abhängigkeit der Sollgeschwindigkeit des Fahrzeugs und
- Regeln der Istdrehzahl, so dass die Istdrehzahl im Wesentlichen gleich der Solldrehzahl ist.

9. Verfahren gemäß Anspruch 7 oder 8, bei dem

- 20 - das Regeln (50) der Istdrehzahl des Elektromotors (12) weiterhin das Verändern einer Frequenz, einer Spannung und/oder eines Stroms eines Drehfeldes beinhaltet, welches den Elektromotor (12) antreibt.

- 25 10. Verfahren gemäß einem der Patentansprüche 7 bis 9, wobei die maximal einstellbare Sollgeschwindigkeit Schritttempo beträgt.

- 11. Verfahren gemäß einem der Patentansprüche 7 bis 10,
- 30 wobei das Verfahren durchgeführt wird, wenn eine ermittelte Istgeschwindigkeit des Fahrzeugs kleiner als eine vorgegebene Grenzgeschwindigkeit ist.

- 12. Verfahren gemäß einem der Patentansprüche 7 bis 11, wo-
- 35 bei das Verfahren durch die Betätigung eines Schalters (28) gestartet und/oder beendet wird.

13. Verfahren gemäß einem der Patentansprüche 7 bis 12, wobei der Fahrer des Fahrzeugs über ein Motormoment des Elektromotors (12) informiert wird.

5 14. Verfahren gemäß einem der Patentansprüche 7 bis 13, wobei ein Motormoment erfasst wird und das Verfahren beendet wird, wenn das Motormoment ein zulässiges Maximalmoment überschreitet.

10 15. Verfahren gemäß einem der Patentansprüche 7 bis 14, mit dem zusätzlichen Schritt:

- Erfassen eines PDC-Signals von einem PDC-System (32) des Fahrzeugs und
- Berücksichtigen des PDC-Signals beim Bestimmen der Sollgeschwindigkeit des Fahrzeugs.

15

FIG 1

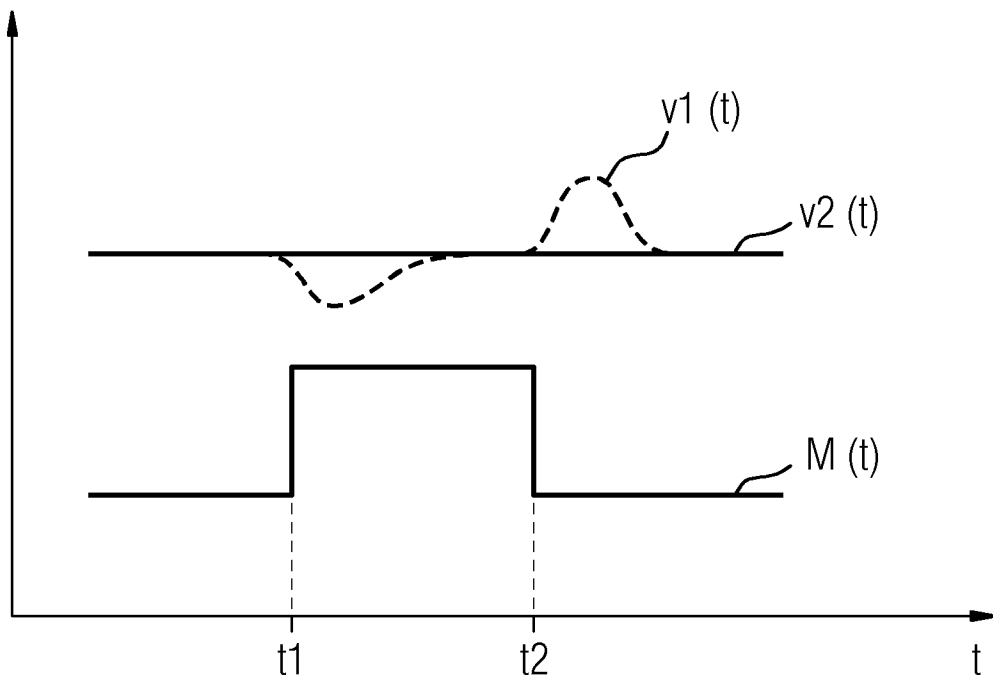


FIG 2

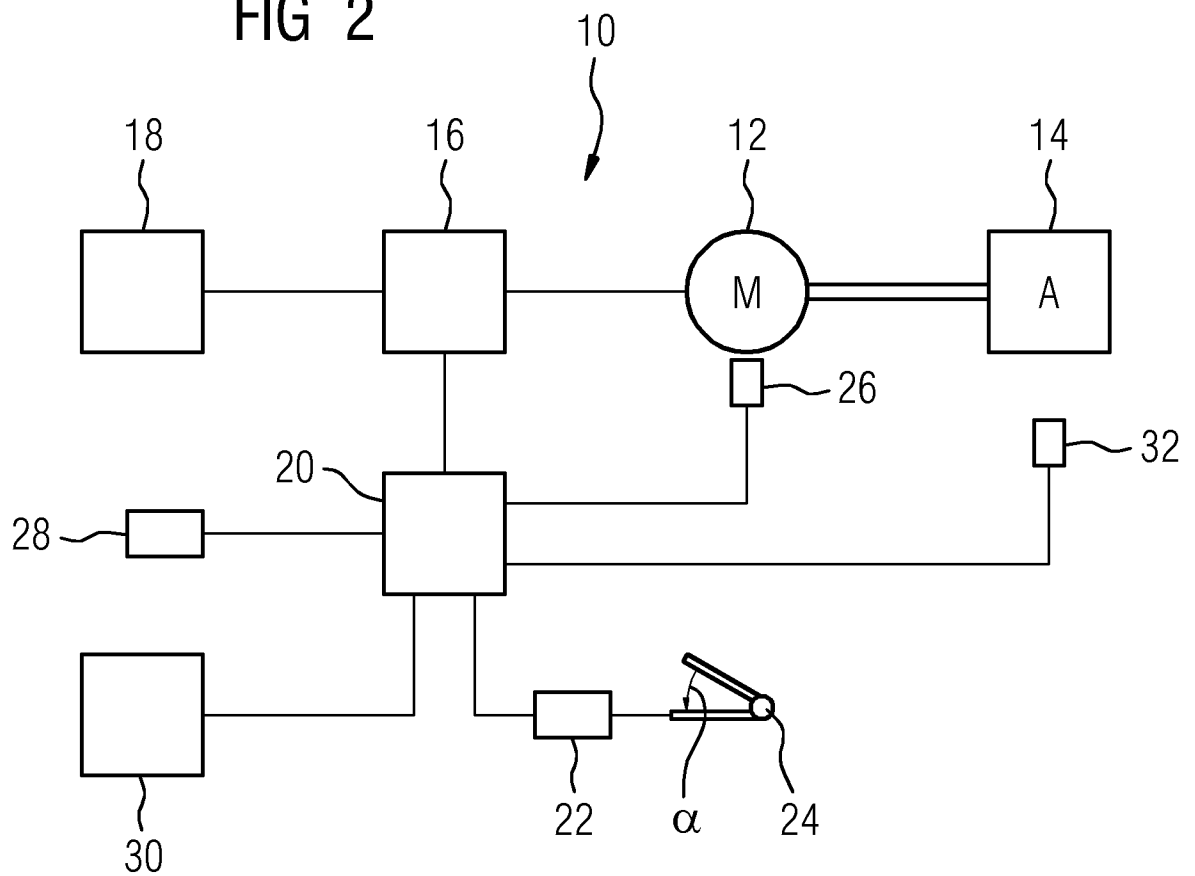


FIG 3

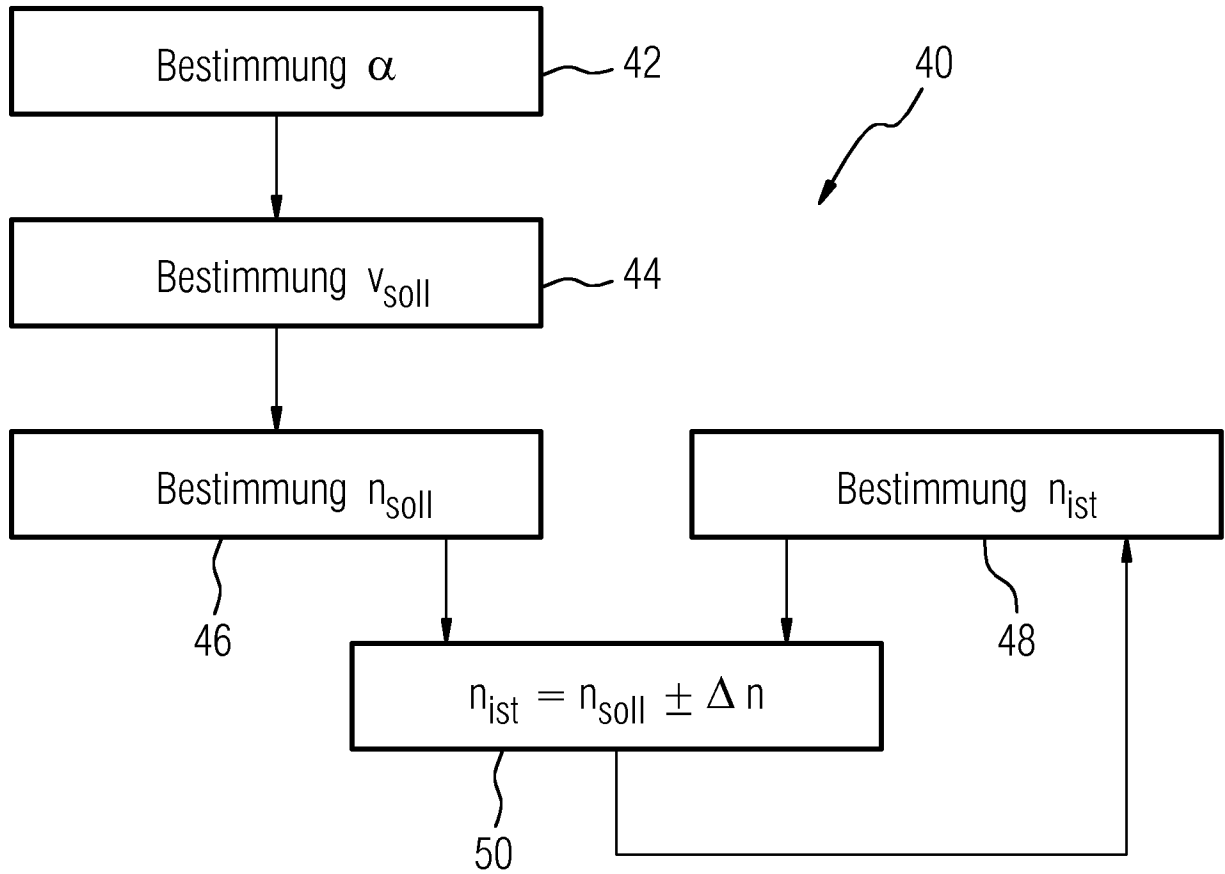


FIG 4

