



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 022 184 A1** 2008.11.13

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 022 184.5**

(22) Anmeldetag: **11.05.2007**

(43) Offenlegungstag: **13.11.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B60W 30/12** (2006.01)

**B60W 40/10** (2006.01)

**B60R 16/02** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

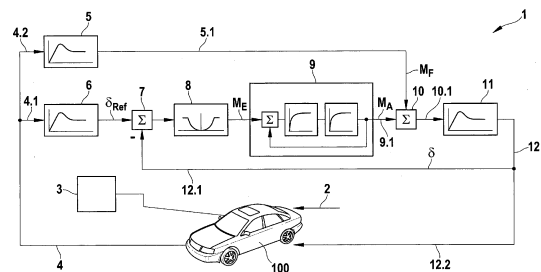
(72) Erfinder:

**Rentschler, Tobias, 75180 Pforzheim, DE; App,  
Thomas, 75059 Zaisenhausen, DE; Buerkle, Lutz,  
71229 Leonberg, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Fahrerassistenzvorrichtung und Verfahren für dessen Steuerung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Fahrerassistenzsystem 1 für ein Fahrzeug 100 mit einer Mehrzahl von Sicherheitsfunktionen, wie insbesondere LDW-Funktion und LKS-Funktion, bei dem für die Sicherheitsfunktionen systembedingte Grenzwerte vorgesehen sind, bei deren Unterschreiten die Sicherheitsfunktion aktiviert und bei deren überschreiten die Sicherheitsfunktion deaktiviert ist. Die Grenzwerte sind erfindungsgemäß variabel ausgebildet.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Fahrerassistenzvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie ein Verfahren für die Steuerung eines Fahrerassistenzsystems nach dem Oberbegriff des Anspruchs 15. Es sind Fahrerassistenzsysteme bekannt, die den Fahrer bei dem Einhalten einer gewählten Fahrspur unterstützen. Das Fahrerassistenzsystem umfasst dazu Assistenzfunktionen wie LDW (Lane Departure Warning) und/oder LKS (Lane Keeping Support). Die Assistenzfunktion LDW warnt den Fahrer vor einem Verlassen der Fahrspur durch Erzeugung von optischen und/oder akustischen und/oder haptischen Signalen. Die Assistenzfunktion LKS greift aktiv in Bordsysteme des Fahrzeugs, wie beispielsweise das Lenksystem, und/oder das Bremssystem oder ein ESP-System ein, um ein von der Fahrspur abweichendes Fahrzeug in der Fahrspur zu halten. Das Fahrerassistenzsystem umfasst dazu ein insbesondere mindestens einen Videosensor umfassendes Sensorsystem für die Erfassung von Fahrspurmarkierungen oder dergleichen.

**[0002]** Aus DE 101 37 292 A1 ist ein Verfahren zum Betreiben eines Fahrer-Assistenzsystems eines Fahrzeugs, insbesondere Kraftfahrzeugs, mit einer servounterstützten Lenkung bekannt. Dieses Verfahren ist durch folgende Schritte gekennzeichnet:

- Erfassen oder Abschätzen von Umgebungsdaten einer, vorzugsweise momentanen, Verkehrssituation,
- Erfassen oder Abschätzen von, vorzugsweise momentanen, Bewegungsdaten des Fahrzeugs,
- Vergleichen der erfassten oder abgeschätzten Umgebungsdaten mit den Bewegungsdaten des Fahrzeugs,
- Änderung der Unterstützung einer Lenkhandhabung nach Maßgabe des Vergleichs.

**[0003]** Durch Einschränkungen, z. B. in dem Erfassungsbereich von in dem Fahrerassistenzsystem verwendeten Sensoren oder in der Gültigkeit von bei der Auslegung des Fahrerassistenzsystems getroffenen Modellannahmen, werden Systemgrenzen definiert, bei deren Überschreiten der Fahrer die Führung des Fahrzeugs wieder vollständig selbst übernehmen muss. Bei Erreichen einer vorgegebenen Systemgrenze, beispielsweise durch Verlust der Fahrspur bzw. deren Markierung, Überschreiten eines Maximalwerts der Querschleunigung, oder Ähnliches, deaktiviert sich die bis dahin von dem Fahrerassistenzsystem bereitgestellte Assistenzfunktion. Bei einem Fahrerassistenzsystem mit LKS-Funktion wird dann beispielsweise das von dem Fahrerassistenzsystem an dem Lenkrad aufgebraachte Führungsmoment reduziert. Der Fahrer muss dann die Querrichtung des Fahrzeugs wieder vollständig

selbst übernehmen. Da die erwähnten Systemgrenzen eines Fahrerassistenzsystems ausschließlich technisch motiviert sind, sind sie für einen Fahrer oft nicht verständlich oder nicht nachvollziehbar, da sie sich nicht mit seiner eigenen Wahrnehmung decken. Dies führt zu einer Verunsicherung des Fahrers und zu einer mangelnden Akzeptanz des Fahrerassistenzsystems.

## Offenbarung der Erfindung

## Technische Aufgabe

**[0004]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Fahrerassistenzsystem der gattungsgemäßen Art dahingehend zu verbessern, dass die Systemakzeptanz bei dem Fahrer erhöht und dadurch der von dem Fahrer subjektiv empfundene Fahrkomfort verbessert wird.

## Technische Lösung

**[0005]** Diese Aufgabe wird, ausgehend von einem Fahrerassistenzsystem nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, durch die in dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 genannten Merkmale gelöst.

## Vorteilhafte Wirkungen

**[0006]** Die Erfindung ermöglicht eine weitere Verbesserung des Fahrkomforts bei einem mit einem Fahrerassistenzsystem ausgestatteten Fahrzeug und dadurch eine gesteigerte Akzeptanz für ein solches System bei dem Fahrer. Dadurch, dass systembedingte Grenzwerte, die die Aktivierung bzw. Deaktivierung einer Sicherheitsfunktion des Fahrerassistenzsystems bestimmen, variabel ausgestaltet sind, entsprechen sie eher der subjektiven Fahrerwahrnehmung, so dass die Systemreaktion, das heißt die Deaktivierung bei dem Überschreiten der Systemgrenze, für den Fahrer besser nachvollziehbar ist.

**[0007]** Besonders vorteilhaft werden für die Aktivierung bzw. Deaktivierung der LKS-Funktion Grenzwerte vorgegeben, derart, dass die LKS-Funktion innerhalb der Grenzwerte aktiviert und außerhalb dieser Grenzwerte deaktiviert wird, wobei die genannten Grenzwerte während der Fahrt des Fahrzeugs kontinuierlich überwacht werden. Besonders vorteilhaft sind die Grenzwerte von leicht messbaren Betriebskenngrößen des Fahrzeugs abhängig. So kann vorteilhaft der LKS-Funktion als Sicherheitsfunktion, die den Fahrer bei der Einhaltung der Fahrspur unterstützt, die Querschleunigung des Fahrzeugs als systembedingter Grenzwert zugeordnet sein, wobei die Querschleunigung wiederum von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs abhängig ist.

**[0008]** Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung.

## Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0009]** Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend unter Bezug auf die Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

**[0010]** [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm eines Fahrerassistenzsystems mit LKS-Funktion;

**[0011]** [Fig. 2](#) ein Diagramm mit Darstellung der Systemgrenze der Querbeschleunigung der LKS-Funktion als Funktion der Geschwindigkeit;

**[0012]** [Fig. 3](#) ein Diagramm mit Darstellung der Systemgrenze der Krümmung als Funktion der Geschwindigkeit.

## Ausführungsformen der Erfindung

**[0013]** Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden unter Bezug auf die Zeichnung näher erläutert. Die Erfindung geht dabei von der Erkenntnis aus, dass die Akzeptanz eines Fahrerassistenzsystems und der von diesem bereitgestellten Assistenzfunktionen wesentlich verbessert werden kann, wenn sich die in dem Fahrerassistenzsystem vorgesehenen Systemgrenzen stärker an dem subjektiven Sicherheits- und Komfortempfinden des Fahrers orientieren. Die Systemgrenzen werden dann für den Fahrer nachvollziehbar, da sie sich mit seiner eigenen Wahrnehmung decken.

**[0014]** [Fig. 1](#) zeigt ein Blockdiagramm einer Fahrerassistenzvorrichtung **1** mit LKS Funktion, das in einem Fahrzeug **100** angeordnet ist. Über entsprechende Sensoren werden die Ablage des Fahrzeugs, der Differenzwinkel, die Krümmung der Fahrspur erfasst und über die Pfade **4**, **4.1** einem Funktionsmodul des Fahrerassistenzsystems **1** zugeleitet, das ein Referenzmodell **6** für die Querführung des Fahrzeugs **100** umfasst. Mit Hilfe des Referenzmodells **6** wird aus den genannten Eingangsgrößen ein Referenzwinkel  $\delta_{Ref}$  gebildet. Dieser Referenzwinkel wird einem ersten Eingang eines weiteren Funktionsmoduls (Summationsknoten **7**) zugeführt, dessen Ausgang mit einem weiteren Funktionsmodul verbunden ist. Dieses Funktionsmodul umfasst eine Führungskennlinie **8** für die LKS-Funktion des Fahrerassistenzsystems **1**. Das die Führungskennlinie **8** umfassende Funktionsmodul ist mit einem Lenksteller **9** mit Momentenregelkreis verbunden. Der Lenksteller **9** ist mit einem ersten Eingang eines weiteren Funktionsmoduls (Summationsknoten **10**) verbunden. Der Pfad **9.1** repräsentiert den Lenkeingriff des LKS-Systems. Gleichzeitig nimmt der Fahrer **5** die Fahrzeugposition in der Spur wahr (Pfad **4.2**) und steuert das Fahrzeug am Lenkrad (Fahrerlenkeingriff **5.1**). Fahrerwunsch und Systemeingriff wirken zusammen über den Summationsknoten **10** auf das Lenksystem **11** (Pfad **10.1**) und steuern über die Pfade **12**, **12.2**

und die Beeinflussung des Lenkwinkels die Querbewegung des Fahrzeugs **100**. Über den Pfad **12.1** erfolgt eine Rückwirkung zu dem Summationsknoten **7**. Über den schematisch angedeuteten Pfad **2** wirken Störungen auf das Fahrzeug **100** ein.

**[0015]** Zur Modellierung der Fahrzeugquerdynamik wird bei der Realisierung einer LKS-Funktion eines Fahrerassistenzsystems häufig das so genannte Einspurmodell verwendet. Aus der eingeschränkten Gültigkeit dieses Modells bis etwa zu einer maximalen Querbeschleunigung  $a_q$  von  $4 \text{ m/s}^2$  kann für die LKS-Funktion eines Fahrerassistenzsystems eine starre, über die Geschwindigkeit unveränderliche Systemgrenze in der Querbeschleunigung des Fahrzeugs abgeleitet werden. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass die Querbeschleunigung, bei der ein Fahrer eine Kurvenfahrt subjektiv gesehen, noch als komfortabel und sicher empfunden, stark von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs abhängig ist. Hinzu kommt, dass dieser Sinneseindruck von Fahrer zu Fahrer unterschiedlich sein kann, da es auf das subjektive Empfinden ankommt. Die praktische Realisierung einer über den gesamten Geschwindigkeitsbereich starren Systemgrenze für die Querbeschleunigung, wie sie durch das Einspurmodell technisch motiviert wäre, entspräche also in der Regel nicht dem Sicherheits- und Komfortempfinden eines Fahrers. Um dieser Erkenntnis Rechnung zu tragen, sieht die Erfindung eine geschwindigkeitsabhängige Anpassung der Querbeschleunigung als Systemgrenze vor. Dies wird im Folgenden unter Bezug auf [Fig. 2](#) näher erläutert. Das in [Fig. 2](#) dargestellte Diagramm zeigt die Querbeschleunigung als Funktion der Geschwindigkeit. Mit Bezugsziffer **20** ist der Gültigkeitsbereich des Einspurmodells bezeichnet. Dieser reicht unabhängig von der Geschwindigkeit auf der Querbeschleunigungsachse bis etwa  $4 \text{ m/s}^2$ . In den Kurven A und B sind einzelne Messpunkte dargestellt, die durch eine Linie miteinander verbunden sind. Diese Linie repräsentiert also die erfindungsgemäß ausgeführte Systemgrenze einer LKS-Funktion bezüglich der Querbeschleunigung. Unterhalb der Systemgrenze ist die LKS-Funktion aktiviert. Bei Überschreiten dieser Systemgrenze würde die LKS-Funktion deaktiviert. Der Fahrer müsste dann in diesem Fall die Querführung des Fahrzeugs wieder eigenständig, das heißt ohne Unterstützung seitens des Fahrerassistenzsystems, übernehmen. Aus dem in [Fig. 2](#) dargestellten Diagramm (Kurve A) ist ersichtlich, dass die der Querbeschleunigung zugeordnete Systemgrenze bei aktivierter LKS-Funktion zunächst mit steigender Geschwindigkeit in einem ersten Geschwindigkeitsbereich ansteigt, bis sie etwa in einem zweiten Geschwindigkeitsbereich, der zwischen etwa  $60 \text{ km/h}$  und etwa  $80 \text{ km/h}$  liegt, mit etwa  $4 \text{ m/s}^2$  einen systembedingten Maximalwert erreicht. Der an dem Komfort des Fahrers orientierte Bereich der Querbeschleunigung ist also eine Teilmenge des Gültigkeitsbereichs des Einspurmodells und damit kompatibel

mit der technisch begründeten Systemgrenze in der Querb beschleunigung des Fahrzeugs von etwa 4 m/s<sup>2</sup>. In einem dritten Geschwindigkeitsbereich, der zwischen etwa 60 km/h und etwa 120 km/h liegt, nimmt die Querb beschleunigung mit steigender Geschwindigkeit wieder ab. In einem vierten Geschwindigkeitsbereich schließlich, der zwischen etwa 120 km/h und der Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs liegt, hat die Querb beschleunigung einen konstanten Wert, der unterhalb des systembedingten maximalen Werts liegt. Die vorstehende Darstellung ist nur beispielhaft. Es liegt im Rahmen der Erfindung, die möglichen Geschwindigkeitsbereiche im Rahmen alternativer Ausführungsvarianten noch weiter zu differenzieren, also beispielsweise mehr als vier Geschwindigkeitsbereiche oder auch weniger als vier Geschwindigkeitsbereiche vorzusehen.

**[0016]** In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsvariante wird der funktionale Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit  $v$  und der Systemgrenze der Querb beschleunigung  $a_q$  durch folgende Beziehung beschrieben:

$$(1) \quad a_q = k_1 v e^{-k_2 \left(\frac{v}{v_{ref}}\right)},$$

mit  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $v_{ref}$  als Parameter.

**[0017]** In einer besonders vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung kann der Verlauf des in [Fig. 2](#) dargestellten Graphs (Kurve A, Kurve B) auch noch fahrerindividuell verändert werden. Beispielsweise kann für einen ersten Fahrer ein Kurvenverlauf gemäß Kurve A und für einen zweiten Fahrer ein Kurvenverlauf gemäß Kurve B eingestellt werden. Diese Einstellung kann, in einer ersten Ausführungsvariante der Erfindung, vorteilhaft manuell erfolgen, indem der Fahrer beispielsweise ein dafür vorgesehenes Schaltmittel betätigt. Besonders vorteilhaft kann diese fahrerindividuelle Anpassung auch automatisch erfolgen, indem das Fahrerassistenzsystem beispielsweise, anhand der Betätigung des Fahrpedals, die von dem jeweiligen Fahrer bevorzugte Fahrcharakteristik des Fahrzeugs erfasst und die Grenzwerte der Assistenzfunktionen entsprechend wählt.

**[0018]** Ähnlich wie mit der zuvor beschriebenen Systemgrenze bezüglich der Querb beschleunigung, verhält es sich mit der Spurkrümmung  $\kappa$ . Diese ist im Wesentlichen durch den eingeschränkten horizontalen Erfassungsbereich eines in dem Fahrerassistenzsystem vorgesehenen Videosensors technisch bedingt. Beispielsweise können bei einem horizontalen Öffnungswinkel des Videosensors von etwa 35° Spurkrümmungen bis maximal  $\kappa_{max} = 0,007$  1/m noch zuverlässig von der Videosensorik erfasst werden. Andererseits lässt sich die sicherheits- und komfortorientierte Systemgrenze für die Querb beschleunigung mit der Beziehung

$$a_q = v^2 \kappa \quad (2)$$

auch direkt auf die Spurkrümmung übertragen, so dass sich aus der komfortorientierten Systemgrenze für die Querb beschleunigung direkt die in [Fig. 3](#) dargestellte Systemgrenze für die Spurkrümmung ableiten lässt. In einem ersten Geschwindigkeitsbereich, der bis etwa einschließlich 60 km/h reicht, ist die Lage der Systemgrenze in der Spurkrümmung aufgrund des eingeschränkten Erfassungsbereichs des Videosensors auf einen konstanten Wert  $\kappa_{max}$  beschränkt. In einem daran anschließenden Geschwindigkeitsbereich, der bis zur Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs reicht, fällt dann die Systemgrenze gemäß dem Zusammenhang mit der komfortorientierten Querb beschleunigung monoton ab. Mit Bezugsziffer **30** ist der Erfassungsbereich des Videosensors bezeichnet. Er ist unabhängig von der Geschwindigkeit.

**[0019]** Besonders vorteilhaft sind die Kennlinien, wie in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellt, in Form von Stützstellen als Kennfeld **3** in einer Speichereinrichtung des Fahrerassistenzsystems **1** hinterlegt. Bei einer bestimmten Geschwindigkeit wird dann linear zwischen den nächstgelegenen Stützstellen interpoliert, um die der bestimmten Geschwindigkeit zugeordnete Systemgrenze zu ermitteln.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 10137292 A1 [\[0002\]](#)

### Patentansprüche

1. Fahrerassistenzvorrichtung (1) für ein Fahrzeug (100) mit einer Mehrzahl von Sicherheitsfunktionen, wie insbesondere LDW-Funktion (LDW = Lane Departure Warning) und/oder LKS-Funktion (LKS = Lane Keeping Support), bei dem für die Sicherheitsfunktionen systembedingte Grenzwerte vorgesehen sind, bei deren Unterschreiten die Sicherheitsfunktion aktiviert und bei deren Überschreiten die Sicherheitsfunktion deaktiviert ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grenzwerte variabel ausgebildet sind.

2. Fahrerassistenzvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzwerte von Betriebskenngrößen des Fahrzeugs (100) abhängig sind.

3. Fahrerassistenzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sicherheitsfunktion die LKS-Funktion ist, dass die Querbeschleunigung ein systembedingter Grenzwert der LKS-Funktion ist und dass dieser Grenzwert von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs abhängig ist.

4. Fahrerassistenzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Grenzwert der Querbeschleunigung von der Funktion

$$a_q = k_1 v e^{-k_2 \left(\frac{v}{v_{ref}}\right)},$$

beschrieben wird.

5. Fahrerassistenzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Geschwindigkeitsbereich der Grenzwert der Querbeschleunigung mit steigender Geschwindigkeit ansteigt.

6. Fahrerassistenzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Geschwindigkeitsbereich zwischen etwa 5 km/h und etwa 40 km/h liegt.

7. Fahrerassistenzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem zweiten Geschwindigkeitsbereich der Grenzwert der Querbeschleunigung mit steigender Geschwindigkeit im Wesentlichen konstant ist und den systembedingten Maximalwert aufweist.

8. Fahrerassistenzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Geschwindigkeitsbereich zwischen etwa 40 km/h und etwa 60 km/h liegt.

9. Fahrerassistenzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

net, dass in einem dritten Geschwindigkeitsbereich der Grenzwert der Querbeschleunigung mit steigender Geschwindigkeit abnimmt.

10. Fahrerassistenzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Geschwindigkeitsbereich zwischen etwa 60 km/h und etwa 120 km/h liegt.

11. Fahrerassistenzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem vierten Geschwindigkeitsbereich der Grenzwert der Querbeschleunigung mit steigender Geschwindigkeit im Wesentlichen konstant ist und unter dem systembedingten Maximalwert liegt.

12. Fahrerassistenzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der vierte Geschwindigkeitsbereich zwischen etwa 120 km/h und der Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs liegt.

13. Fahrerassistenzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verlauf der Grenzwerte fahrerindividuell anpassbar ist.

14. Fahrerassistenzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Systemgrenzen als Stützstellen in einem Kennfeld gespeichert sind.

15. Verfahren für die Steuerung eines Sicherheitsfunktionen wie LDW und/oder LKS umfassenden Fahrerassistenzvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass eine einer Sicherheitsfunktion der Fahrerassistenzvorrichtung zugeordnete Betriebskenngröße des Fahrzeugs erfasst wird, dass die der erfassten Betriebskenngröße zugeordnete Systemgrenze bestimmt wird, dass bei Unterschreiten der Systemgrenze die Sicherheitsfunktion aktiviert und dass bei Überschreiten der Systemgrenze die Sicherheitsfunktion deaktiviert wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Geschwindigkeit des Fahrzeugs erfasst wird, dass die Querbeschleunigung des Fahrzeugs erfasst wird, dass geprüft wird, ob die Querbeschleunigung unterhalb oder oberhalb eines als Systemgrenze gespeicherten Werts der Querbeschleunigung liegt, und dass die Sicherheitsfunktion deaktiviert wird, wenn die Querbeschleunigung oberhalb des Systemgrenzwerts liegt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

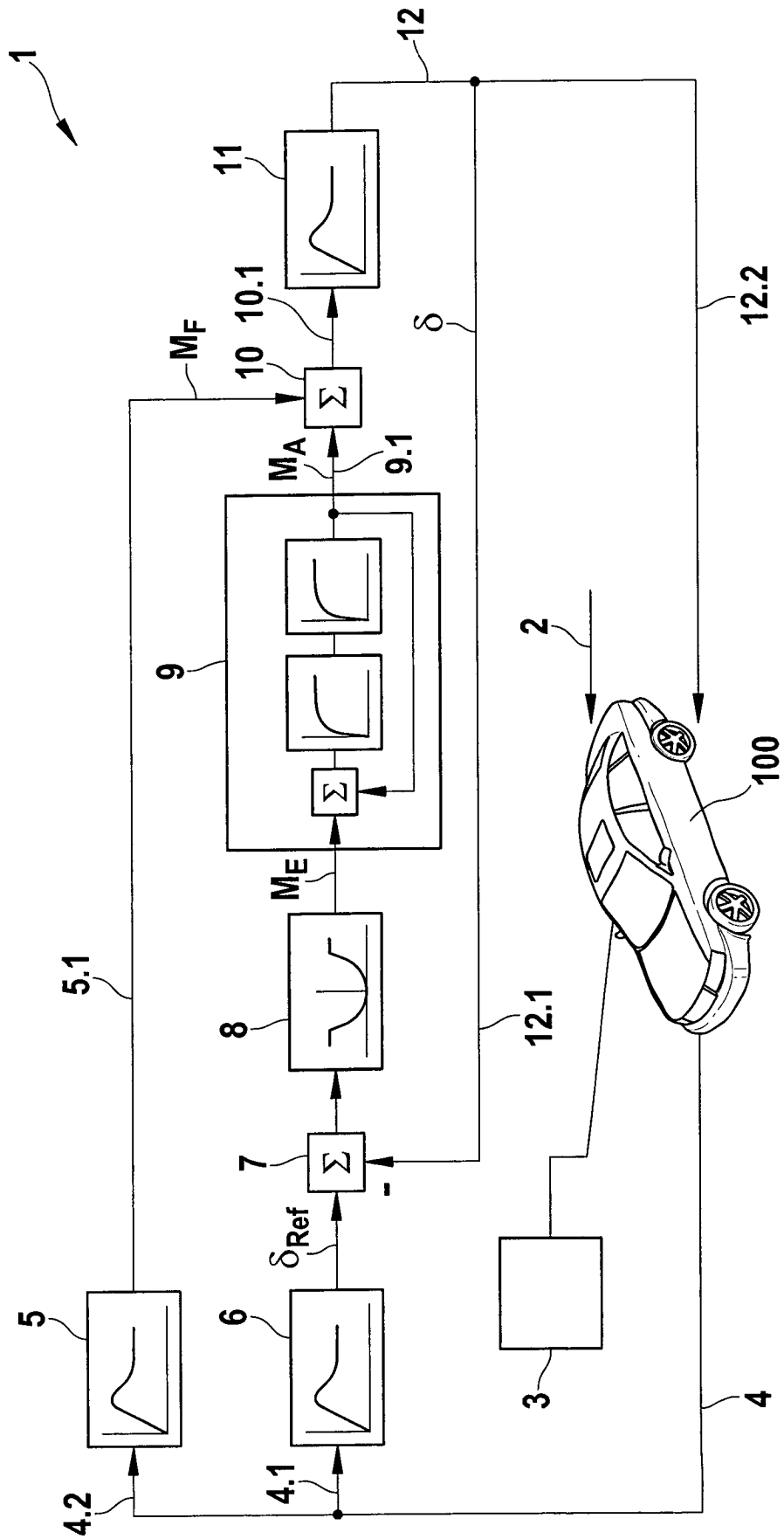


Fig. 1

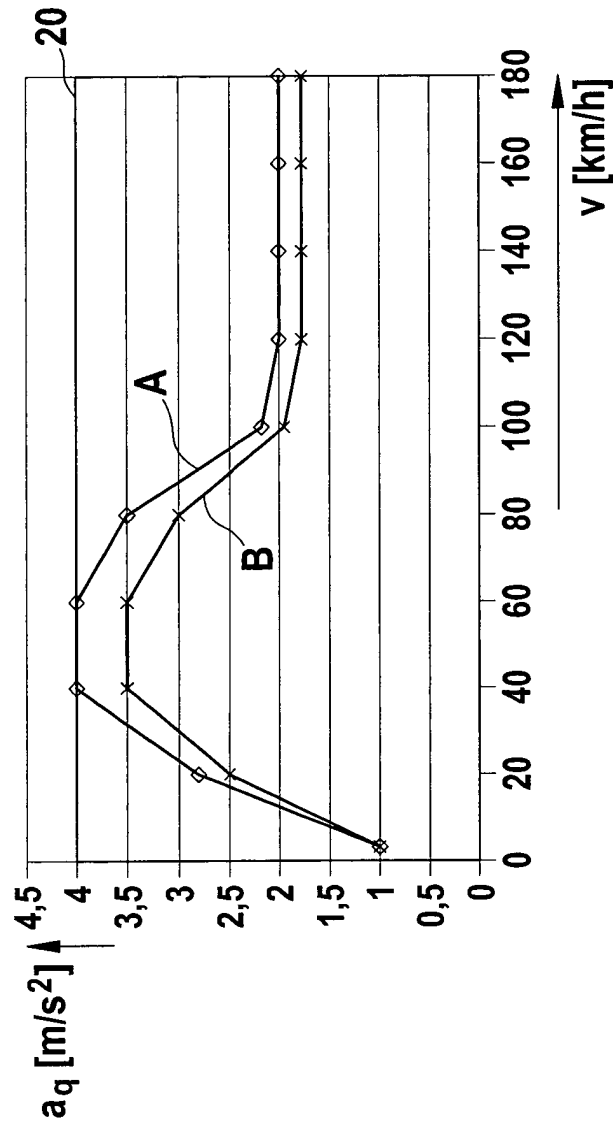


Fig. 2



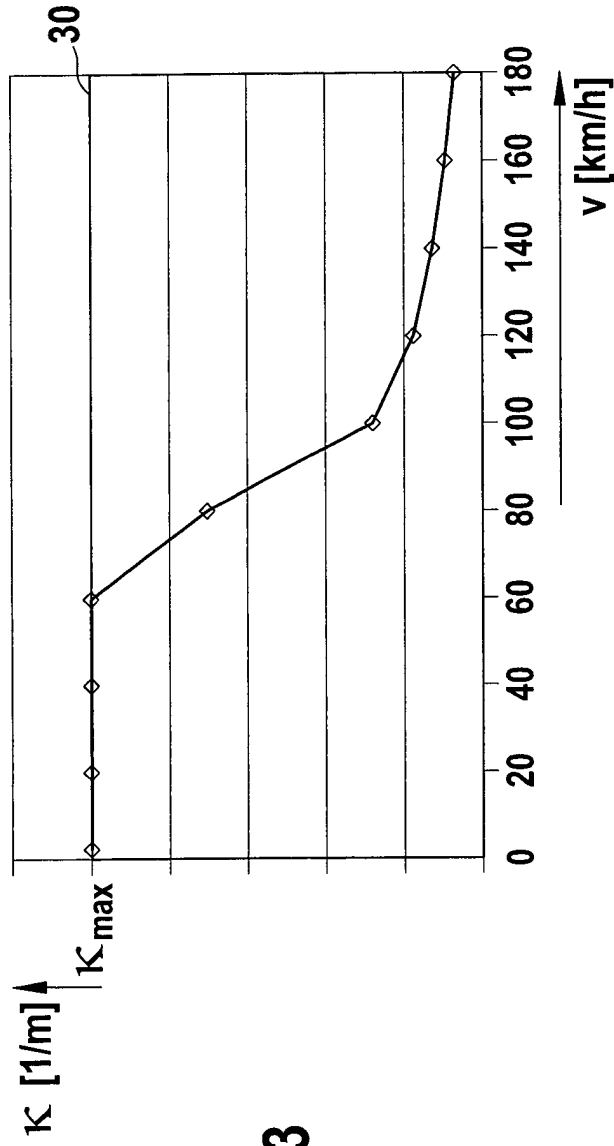


Fig. 3