

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50555/2013
(22) Anmeldetag: 05.09.2013
(43) Veröffentlicht am: 15.03.2015

(51) Int. Cl.: **B60W 50/06** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102009028767 A1
DE 102010029922 A1
DE 102008002699 A1
DE 102007043910 A1
DE 4328747 A1
WO 2004045895 A1
DE 4200694 A1
DE 19614061 A1

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Posch Rainer
8010 Graz (AT)
Holzinger Jürgen
8054 Graz (AT)
Schögl Peter Dipl.Ing. Dr.
8151 Hitzendorf (AT)
Bogner Erik Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
BABELUK MICHAEL DIPL.ING. MAG.
WIEN

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Optimierung von Fahrerassistenzsystemen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung eines Fahrerassistenzsystems, welches die Arbeitsschritte Festlegung wenigstens eines zu optimierenden Fahrerassistenzsystems A, Ermitteln wenigstens einer Fahrzeugparameterfunktion, welche einen Betriebszustand eines Fahrzeugs charakterisiert, und wenigstens einer Umgebungsparameterfunktion, welche die Umgebung des Fahrzeugs charakterisiert, Berechnen wenigstens einer Fahrsituationskennwertfunktion, welche eine Fahrsituationen des Fahrzeugs charakterisiert, und zwar wenigstens auf der Grundlage der wenigstens einen Fahrzeugparameterfunktion und/oder der wenigstens einen Umgebungsparameterfunktion, Berechnen wenigstens einer Steuereingriffskennwertfunktion, welche die Aktivität des Fahrerassistenzsystems A charakterisiert, Berechnen einer Korrekturfunktion, welche von der wenigstens einen Fahrsituationskennwertfunktion abhängt und eine subjektive Wahrnehmung der Fahrsituation durch zumindest einen Fahrzeuginsassen charakterisiert, und zwar wenigstens auf der Grundlage der wenigstens einen Steuereingriffskennwertfunktion und auf der Grundlage der wenigstens einen Fahrzeugparameterfunktion und/oder der wenigstens einen Umgebungsparameterfunktion, aufweist.

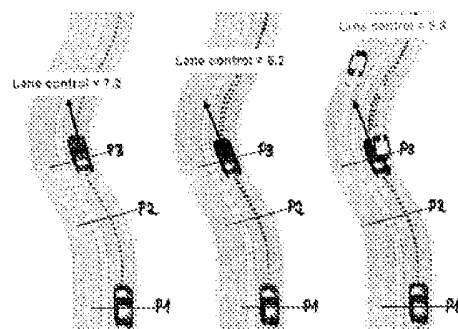


Fig. 3

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung eines Fahrerassistenzsystems, welches die Arbeitsschritte Festlegung wenigstens eines zu optimierenden Fahrerassistenzsystems A, Ermitteln wenigstens einer Fahrzeugparameterfunktion, welche einen Betriebszustand eines Fahrzeugs charakterisiert, und wenigstens einer Umgebungsparameterfunktion, welche die Umgebung des Fahrzeugs charakterisiert, Berechnen wenigstens einer Fahrsituationskennwertfunktion, welche eine Fahrsituationen des Fahrzeugs charakterisiert, und zwar wenigstens auf der Grundlage der wenigstens einen Fahrzeugparameterfunktion und/oder der wenigstens einen Umgebungsparameterfunktion, Berechnen wenigstens einer Steuereingriffskennwertfunktion, welche die Aktivität des Fahrerassistenzsystems A charakterisiert, Berechnen einer Korrekturfunktion, welche von der wenigstens einen Fahrsituationskennwertfunktion abhängt und eine subjektive Wahrnehmung der Fahrsituation durch zumindest einen Fahrzeuginsassen charakterisiert, und zwar wenigstens auf der Grundlage der wenigstens einen Steuereingriffskennwertfunktion und auf der Grundlage der wenigstens einen Fahrzeugparameterfunktion und/oder der wenigstens einen Umgebungsparameterfunktion, aufweist.

Fig. 3

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Optimierung von Fahrerassistenzsystemen.

Die Verbreitung von Fahrerassistenzsystemen (Advanced Driver Assistance Systems - ADAS) nimmt sowohl im Bereich der Personenkraftwagen (PKW) als auch bei Nutzfahrzeugen (NFZ) ständig zu. Fahrerassistenzsystemen leisten wichtige Beiträge zur Erhöhung der aktiven Verkehrssicherheit und dienen der Steigerung des Fahrkomforts.

Neben den insbesondere der Fahrsicherheit dienenden Systemen wie ABS (Anti-Blockier-System) und ESP (Elektronisches Stabilitätsprogramm) werden im Bereich der PKW (Personenkraftwagen) und NFZ (Nutzfahrzeuge) eine Vielzahl von Fahrerassistenzsystemen angeboten wie z.B.: Lichtautomatik, Einparkassistent, Tempomat, Fernlichtassistent, Notbremsassistent, Abstandstempomat, Fahrspurassistent, usw. Diese Fahrerassistenzsysteme erhöhen sowohl die Sicherheit im Verkehr, indem sie den Fahrer in kritischen Situationen warnen bis hin zur Einleitung eines selbständigen Eingriffs zur Unfallvermeidung/Folgenminderung (z.B. Notbremsfunktion). Zusätzlich wird der Fahrkomfort durch Funktionen wie automatisches Einparken, automatische Spurhaltung und automatische Abstandskontrolle erhöht.

Der Sicherheits- und Komfortgewinn eines Assistenzsystems wird von den Fahrzeuginsassen nur dann positiv wahrgenommen, wenn die Unterstützung durch das Fahrerassistenzsystem sicher, verlässlich und in – soweit möglich - komfortabler Weise erfolgt. Bei der Beurteilung dieser Attribute ist zu berücksichtigen, dass die Person am Lenkrad das Assistenzsystem teilweise aus Fahrer-, und teilweise aus Beifahrersicht beurteilt. Die Person am Lenkrad beurteilt Assistenzsysteme aufgrund der eigenen, raschen Eingriffsmöglichkeiten auf Pedale, bzw. Lenkrad zumeist positiver als die Personen auf den Beifahrersitzen. Befragungen von Endkunden ergaben, dass das Sicherheitsempfinden eine relative große Eingewöhnungszeit erfordert, insbesondere wenn sich das Fahrverhalten als eher synthetisch, also nicht als fahrgesteuert darstellt. Es ist wünschenswert, dass das Fahrerassistenzsystem das Verhalten eines idealen Chauffeurs zeigt, insbesondere wenn es sich um Systeme für automatisiertes oder autonomes Fahren handelt, die die Längsgeschwindigkeit selbständig regeln und das Fahrzeug mittels Lenkeingriffen in der Fahrspur halten.

Bei Fahrerassistenzsystemen der neuesten Generation erweitern ein Vielzahl (in manchen Fahrzeugen sind es mehr als 20) Radar-, Video- und Ultraschallsensoren den Blickwinkel des Fahrers auf 360 Grad. Einige dieser Sensoren werden beispielhaft in Fig. 16 dargestellt. Das Spektrum der Unterstützung reicht von der Entlastung und somit Komfortsteigerung über die optische, akustische und/oder haptische Warnung bis zur Verstärkung der Fahrerreaktion.

Einige Systeme können im Notfall auch korrigierend eingreifen, etwa durch autonome Bremsmanöver, um einen Unfall zu vermeiden oder die Unfallschwere zu reduzieren.

Aus der Fülle von neuen oder erweiterten Fahrerassistenzsystemen werden im Folgenden die Fahrerassistenz-Funktionen Abstandskontrolle (ACC – Adaptive Cruise Control) und Fahrspurassistent (LKA - Lane Keeping Assistant), als Funktionen zum automatisierten/autonomen Fahren skizziert.

Abstandskontrolle: Der Abstandsregeltempomat entlastet den Fahrer dabei, das eigene Fahrzeug im gewünschten Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug zu halten, wenn dieses langsamer als eine vom Fahrer gewählte Wunschgeschwindigkeit fährt. Diese – in der Regel - radarbasierte Grundfunktion wird nun um einen Lenkassistenten Pilot erweitert, der den Fahrer bei der Querführung des Fahrzeugs unterstützt. Indem der Lenkassistent auf gerader Straße und sogar in leichten Kurven ein Lenkmoment erzeugt, das dem Fahrer dabei hilft, in der Mitte der Spur zu bleiben. Durch gezielte Lenkeingriffe kann das System den Fahrkomfort im Geschwindigkeitsbereich bis 210 km/h steigern und den Fahrer in vielen Verkehrssituationen deutlich entlasten. Bei Geschwindigkeiten bis 60 km/h entscheidet dieser sogenannte Stop&Go Pilot dabei intelligent, ob er sich am Vorausfahrzeug oder an den Fahrbahnmarkierungen orientiert, so dass ein teilautonomes Staufolgefahren selbst dann möglich ist, wenn keine oder uneindeutige Fahrbahnmarkierungen sichtbar sind. Das System fasst dafür z.B. die erfassten Daten von Stereokamera und Radarsensoren zusammen, berechnet notwendige Reaktionen und steuert bedarfsgerecht Motorleistung, Getriebe und Bremse für die Längsgeschwindigkeitsregelung sowie die elektrische Lenkung für die Querregelung des Fahrzeugs.

Beispielsweise können durch die Kombination von Radar und Kamera auch einscherende Fahrzeuge, Vorausfahrzeuge und deren Vorausfahrzeuge auf der eigenen und den Nebenspuren erkannt und frühzeitig auf diese reagiert werden. Damit kann zum Beispiel das in Deutschland nicht erlaubte Rechts-Überholen auf Autobahnen und autobahnähnlichen Bundesstraßen vermieden werden, indem oberhalb von 85 km/h die Geschwindigkeit auf Fahrzeuge auf der linken Fahrspur moderat eingeregelt wird, insbesondere bei sich auflösenden Staus und Kolonnenverkehr. Bei niedrigeren Geschwindigkeiten ist ein dann erlaubtes Rechts-Überholen mit einer maximalen Differenzgeschwindigkeit von 20 km/h möglich.

Fahrspurassistent: Aktive Fahrspurassistenten können z.B. bei unbeabsichtigtem Überfahren einer unterbrochenen Linie eingreifen, wenn die Nachbarspur belegt ist und dadurch beim Spurwechsel Kollisionsgefahr entstehen kann. Das System erkennt dies anhand der Informationen einer Stereokamera und des Radarsystems, welches einen Hecksensor aufweist, der in Kombination mit den weiteren Sensoren im vorderen und hinteren Stoßfänger wirksam

ist. Kritische Situationen, die von aktiven Fahrspurassistenten erkannt werden können, sind z.B. überholende oder zu überholende Fahrzeuge oder Parallelverkehr; das System ist aber auch bei Gegenverkehr wirksam. Bei erkannter belegter Nachbarspur warnt das System den Fahrer beim Überfahren der Fahrbahnmarkierung nicht nur haptisch durch gepulste Lenkradvibrationen, sondern korrigiert auch beim Überfahren unterbrochener Linien mit einem einseitigen Bremseneingriff über ESP die Spur. Der Fahrspurassistent ergänzt somit einen aktiven Totwinkel-Assistenten und ermöglicht die Vermeidung der oft folgeschweren Kollisionen im Gegenverkehr.

Der aktive Fahrspurassistent ist z.B. im Geschwindigkeitsbereich von 60 - 210 km/h aktiv. Wird eine Fahreraktivität erkannt, z. B. durch Lenken, Bremsen oder Beschleunigen sowie bei Betätigen des Blinkers, werden die Warnung und der spurkorrigierende Bremseneingriff unterdrückt.

Abstandskontrolle und Fahrspurassistent sind jedoch nur zwei Beispiele bekannter Fahrerassistenzsysteme, zu denen ständig neu entwickelte Fahrerassistenzsysteme hinzukommen. Weitere bekannte Beispiele werden in der DE 10 2011 121 537 A1 (Pausenempfehlung für den Fahrer), der DE 10 2012 002 333 A1 (Fahrlichtverteilung), der DE 10 2012 201 896 A1 (Verschneite Straßen), der DE 10 2012 001 666 A1 (Lenkassistenzsystem) und der DE 10 2011 087 781 A1 (Verminderung von Unfallschäden) beschrieben.

Die Entwicklung geht hin zu Fahrerassistenzsystemen, die einerseits unfallfreies und komfortables Fahren und andererseits teil- und hochautomatisiertes oder sogar autonomes Fahren ermöglichen. Der Entwicklungsaufwand der Fahrerassistenzsysteme ist sehr groß, da die Systeme einschließlich aller verwendeten Sensoren entwickelt, in die Fahrzeugelektronik integriert, kalibriert, sowie z.B. in HIL (Hardware in the Loop) Umgebungen und im Auto unter allen möglichen Umweltbedingungen getestet werden müssen.

Für die Entwicklung und Absicherung von Assistenzsystemen ist daher eine Vielzahl von Testfahrten mit unterschiedlichen Fahrern nötig. Da beim autonomen Fahren alle Insassen Beifahrer des Fahrerassistenzsystems sind, ist es sehr wichtig, sämtlichen Insassen in allen Fahrsituationen eine hohe subjektiv empfundene Sicherheit zu vermitteln.

Des Weiteren müssen alle Fahrerassistenzsysteme in Abhängigkeit der jeweiligen Kundenerwartungen auf das Fahrzeugmodell spezifisch angepasst und abgestimmt werden. Zusätzlich muss auch die erwartete Fahrcharakteristik (sportlich, komfortabel, etc.) abgebildet sein. Dies erfordert einen beträchtlichen Entwicklungsaufwand, da sich Fahrerassistenzsysteme in der Regel komplexer Technik bedienen und untereinander über das fahrzeuginterne Netzwerk (z.B. CAN) verbunden und teilweise auch funktional aneinander gekoppelt sind.

Objektivisierte Bewertungen des Fahrbarkeitsempfindens sind wesentlich schwieriger als die Bestimmung von z.B. des Kraftstoffverbrauchs oder der Schadstoffemission. Die EP 0 836 945 A1 offenbart hierzu ein Verfahren, um das Fahrverhalten eines Fahrzeugs in Abhängigkeit von Fahrzuständen zu analysieren.

Bei der Entwicklung und Kalibrierung von Fahrerassistenzsystem in Fahrzeugen stehen die empfundene Fahrqualität, die empfundene Sicherheit und die empfundene Beanspruchung des Fahrzeugs und der Fahrzeugkomponenten im Vordergrund, was die Entwickler von Fahrerassistenzsystemen aufgrund der Komplexität der Systeme und der jeweiligen subjektiven Außenwahrnehmung durch die Fahrzeuginsassen vor große Herausforderungen stellt.

Eine Aufgabe der Erfindung ist es, ein Fahrerassistenzsystem mit geringem Aufwand, insbesondere wenig Versuchszeit und vertretbaren Kosten, zu optimieren.

Zur Lösung der Aufgabe wird ein Verfahren nach Anspruch 1 vorgeschlagen sowie ein Computerprogramm nach Anspruch 19 und ein computer-lesbares Medium nach Anspruchs 20. Eine entsprechende Vorrichtung wird in Anspruch 21 und ein Fahrzeug in Anspruch 26 unter Schutz gestellt. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung werden in den Unteransprüchen beansprucht.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren können bei komplexen Fahrerassistenzsysteme, wie beispielsweise Abstandskontrolle und Fahrspurassistent, die teilautomatisiertes Fahren bis hin zum hochautomatisierten oder sogar autonomes Fahren ermöglichen, das subjektive Empfinden und das Sicherheitsgefühl der Insassen messbar und bewertbar gemacht werden, um dann wieder in die Entwicklung bzw. Optimierung des Fahrerassistenzsystems einzufließen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können sowohl Fahrzeugparameter als auch Umgebungsparameter erfasst werden. Hierdurch wird eine umfassende Darstellung der Fahrsituation des Fahrzeugs ermöglicht, die eine Charakterisierung im Hinblick auf die Wahrnehmung eines Fahrzeuginsassen erlaubt. Dabei können bei der Berechnung der Korrekturfunktion sowohl Fahrzeugparameter als auch Umgebungsparameter einfließen. Durch die Berechnung einer Steuereingriffskennwertfunktion wird die Aktivität des Fahrerassistenzsystems bei der Berechnung der Korrekturfunktion berücksichtigt. Dies ist beispielsweise bei der Charakterisierung des Fahrerassistenzsystems im Hinblick auf die Sicherheitsempfindung eines Insassen von Vorteil, da nicht nur die subjektive Wahrnehmung der Fahrsituation, sondern auch gerade die Reaktion des Fahrerassistenzsystems auf diese Fahrsituation einen wesentlichen positiven oder negativen Beitrag zur Sicherheitsempfindung des Insassen verursacht.

Insbesondere bietet das Verfahren auch die Möglichkeit, bei der Berechnung der Korrekturfunktion bzw. eines Korrekturwerts zusätzlich oder ausschließlich andere Parametern zu berücksichtigen, als jene, die zur Bestimmung der Fahrsituation herangezogen werden.

Die automatische Fahrsituationserkennung und die Ermittlung der Außenwahrnehmung der Fahrsituation auf den Fahrzeuginsassen ermöglichen eine deutlich raschere Analyse von Messdaten, sowie eine zielgerichtete, effiziente Abstimmung von diesen Fahrerassistenzsystemen. Zudem ermöglicht das objektive Bewertungsverfahren auch die Optimierung von Fahrerassistenzsystemen durch eine Simulation, d.h. in virtueller Umgebung oder im Prüffeld.

Mit der objektivierten Bewertung von Fahrerassistenzsystemen schafft man daher die wichtige Möglichkeit, die Auslegung der Funktionalität der Systeme im Fahrzeug in die virtuelle Entwicklungsphase vorzuverlegen, um die Optimierung der Systeme bereits in frühen Phasen durchzuführen.

Der Begriff Fahrerassistenzsystem (FAS – englisch: Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)) im Sinne der Erfindung umfasst jegliche Art von elektronischer Zusatzeinrichtungen in Kraftfahrzeugen zur Unterstützung des Fahrers in bestimmten Fahrsituationen.

Ein Betriebszustand eines Fahrzeugs im Sinne der Erfindung wird durch jene Eigenschaften charakterisiert, welche das Fahrzeug an sich und nicht dessen Umgebung betreffen. Beispiele für Parameter zur Charakterisierung des Betriebszustands sind Geschwindigkeit, Drehzahl, Drehmoment, Beschleunigung, etc.

Ein Fahrzeug im Sinne der Erfindung ist ein mobiles Verkehrsmittel, das dem Transport von Gütern (Güterverkehr), Werkzeugen (Maschinen oder Hilfsmittel) oder Personen (Personenverkehr) dient. Bevorzugt handelt es sich hierbei um ein Kraftfahrzeug, welches sich auf der Erdoberfläche bewegt.

Eine Fahrsituation im Sinne der Erfindung setzt sich aus dem Betriebszustand des Fahrzeugs und der erfassten Umgebung bzw. Umwelt des Fahrzeugs zusammen. Insbesondere handelt es sich dabei um den dynamischen Gesamtzustand des Fahrzeugs und der Umgebung.

Eine Umgebung im Sinne der Erfindung ist die durch andere Verkehrsteilnehmer, das Gelände und die Witterung vorgegebene Umwelt eines Fahrzeugs. Umgebungsparameter sind z.B. der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug, dessen Geschwindigkeit etc.

Eine Aktivität eines Fahrerassistenzsystems im Sinne der Erfindung ist jegliches Eingreifen oder bei entsprechenden Fahrsituationen auch das Unterlassen des Eingreifens in die Steuerung eines Fahrzeugs.

Als Wahrnehmung im Sinne der Erfindung wird die physiologische Wahrnehmung eines Fahrzeuginsassen mit seinen Sinnesorganen bezeichnet. Dies bedeutet z.B. die Wahrnehmung des Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug, das Aufleuchten von dessen Bremsleuchten, aber auch z.B. die Verzögerung des Fahrzeugs selbst, in dem der Insasse sitzt.

Eine Korrekturfunktion im Sinne der Erfindung ist eine Funktion, welche den Zusammenhang zwischen gemessenen oder berechneten bzw. durch Simulation gewonnenen physikalischen Parametern, die den Fahrzeug- und Umgebungszustand und ggf. deren Änderung über die Zeit kennzeichnen und der physiologischen Empfindung wenigstens eines Fahrzeuginsassen beschreibt. Der Begriff Korrekturfunktion wird deshalb verwendet, da sich damit – falls eine entsprechende Referenz zur Verfügung steht - der Abstand zu einem als optimal angesehenen Verhalten ermitteln lässt. Das Ergebnis der Berechnung der Korrekturfunktion kann selbst wieder eine Funktion darstellen, oder eine Gruppe von Korrekturwerten oder aber auch einen einzelnen Korrekturwert. Im letzteren Fall kann das Ergebnis der Berechnung der Korrekturfunktion z.B. einen Punktwert zwischen 0 und 10 ergeben, wobei die 10 dann den Optimalwert bedeuten kann.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens hängt die wenigstens eine Steuereingriffskennwertfunktion von der Fahrsituationskennwertfunktion ab und/oder wird ebenfalls auf der Grundlage der wenigstens einen Fahrzeugparameterfunktion und/oder der wenigstens einen Umgebungsparameterfunktion berechnet.

Durch diese Ausgestaltung kann eine Aktivität des Fahrerassistenzsystems ohne Zugriff auf Daten des Fahrerassistenzsystems erfasst werden. Weiterhin können die Kriterien, welche zur Bestimmung des Steuereingriffs dienen von der jeweiligen Fahrsituation abhängen, so dass jeder Steuereingriff bzw. jede Aktivität des Fahrerassistenzsystems optimal detektiert werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens hängt die wenigstens eine Steuereingriffskennwertfunktion und/oder die Korrekturfunktion des Weiteren von dem zu charakterisierenden Fahrzeugassistenzsystem A ab.

Durch diese Ausgestaltung können für jedes einzelne zu charakterisierende Fahrzeugassistenzsystem passende Kriterien vordefiniert werden, die beim Ausführen des Verfahrens nur abgerufen werden müssen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens hängt die wenigstens eine Fahrzeugparameterfunktion ein Tupel von wenigstens einem gemessenen Fahrzeugparameter ist, welche gegebenenfalls von der Zeit abhängt und wobei die wenigstens eine

Umgebungsparameterfunktion ein Tupel von wenigstens einem gemessenen Umgebungsparameter ist, welche gegebenenfalls von der Zeit ab.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens ist bei der Berechnung der Korrekturfunktion und/oder der Steuereingriffskennwertfunktion und bei der Berechnung der Fahrsituationsparameterfunktion zumindest ein Fahrzeugparametern und/oder zumindest ein Umgebungsparameter verschieden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens hängt die Korrekturfunktion zusätzlich von Fluktuationen zumindest eines Fahrzeugparameters, zumindest eines Umgebungsparameters und/oder der zumindest einen Steuereingriffskennwertfunktion ab.

Durch diese Ausgestaltung können störende Fluktuationen bzw. Schwankungen berücksichtigt werden, die beispielsweise durch das Fahrerassistenzsystem A selbst verursacht werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird die wenigstens eine Steuereingriffskennwertfunktion durch ein Vorliegen eines Steuereingriffs und/oder eine Intensität des Steuereingriffs des Fahrerassistenzsystems charakterisiert.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens hängt die wenigstens eine Steuereingriffskennwertfunktion von wenigstens einem Kriterium aus der Gruppe der folgenden Kriterien ab: die Abschaltschwelle, die Ausstiegshäufigkeit, die Reaktion auf das Vorauffahrzeug, die Reaktion auf eine Fahrspurabweichung, die Reaktion auf eine Fahrsituationsänderung, die Reaktion auf eine Abstandsabweichung, die Reaktionszeit, die Ansprechverzögerung und die Erfassungsdauer für ein Objekt des Fahrerassistenzsystems A.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird, wenn sich die wenigstens eine Fahrsituationskennwertfunktion nicht ändert, die Korrekturfunktion jeweils periodisch, insbesondere für ein Zeitintervall von maximal etwa 10s, bevorzugt maximal etwa 5s berechnet.

Die periodische Berechnung eines Korrekturwerts der Korrekturfunktion gemäß dieser Ausgestaltung ermöglicht eine sinnvolle diskrete Bewertung eines gesamten Fahrzyklus, da kleine Messschwankungen durch das Bilden von Zeitintervallen ausgeglichen werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird, wenn sich die wenigstens eine Fahrsituationskennwertfunktion während eines Zeitintervalls ändert, die Korrekturfunktion für den Zeitraum des vorhergehenden Fahrsituationskennwerts bzw. Fahrsituation seit der letzten periodischen Berechnung berechnet und eine periodische Berechnung der Korrekturfunktion für den nachfolgenden Fahrsituationskennwert bzw. Fahrsituation gestartet.

Die weitere Unterteilung eines Fahrzyklus gemäß dieser Ausgestaltung ermöglicht es, dass ein Korrekturwert der Korrekturfunktion immer für ein Zeitraum berechnet wird, in welchem auch der gleiche Fahrzustand vorlag, dessen Werte mithin vergleichbar sind.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens kann die wenigstens eine Fahrsituationskennwertfunktion als Kennwert zumindest eine Fahrsituation aus der Gruppe folgender Fahrsituationen annehmen: Folgen bei konstanter Geschwindigkeit, Folgen bei Beschleunigung, Folgen bei Verlangsamen/Bremsen, Folgen bis Fahrzeugstopp, Folgen ab Losfahren, Folgen bei Einscheren, Folgen bei Ausscheren, freie Beschleunigung, Objektdetektion, freies Fahren, Spurhalten, Spurwechsel, Überholen, Überholt werden, Stau, Stop&Go Verkehr und vorwärts oder rückwärts Einparken.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist das Verfahren des Weiteren folgenden Arbeitsschritt auf: Korrigieren wenigstens eines Fahrsituationskriteriums, welches von dem Fahrerassistenzsystem A zum Steuern des Fahrzeugs verwendet wird, auf der Grundlage des Korrekturwerts der Korrekturfunktion.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens betrifft die subjektive Wahrnehmung die Fahrqualität des Fahrerassistenzsystems A, die Fahrsicherheit, die Beanspruchung des Fahrzeugs und/oder die Fahrbarkeit des Fahrzeugs bei Einsatz des Fahrerassistenzsystems A.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist das Verfahrens des Weiteren folgenden Arbeitsschritt aufweist: Vorgeben einer virtuellen Realitätsumgebung, in welcher die wenigstens eine Fahrzeugparameterfunktion, die wenigstens eine Umgebungsparameterfunktion und/oder das Fahrerassistenzsystem A emuliert werden.

Durch das Einbinden von Simulationen / Emulationen in den Charakterisierungsprozess kann das erfindungsgemäße Verfahren schon in einer frühzeitigen Entwicklungsphase eingesetzt werden, was teure Teststunden in einem realen Fahrzeug einspart.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens weist die wenigstens eine Fahrzeugparameterfunktion zumindest einen Fahrzeugparameter aus der Gruppe umfassend die Fahrgeschwindigkeit, die Gierwinkelgeschwindigkeit, der Lenkwinkel, die Längsbeschleunigung, die Querbeschleunigung, die Beschleunigung in vertikaler Richtung, die Gaspedalstellung, die Bremspedalstellung, die Motordrehzahl, die Gangstufe und der Einschaltzustand des Fahrerassistenzsystems A auf.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens weist die wenigstens eine Umgebungsparameterfunktion zumindest einen Fahrzeugparameter aus der Gruppe umfassend der Abstand zu zumindest einem anderen Fahrzeug, insbesondere dem Vorderfahrzeug, die

Querposition zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, die Längsposition zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, die Relativgeschwindigkeit zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, die Relativbeschleunigung zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, die Breite zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, die Art zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, die Klasse zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, die Anzahl der Fahrspuren, der Fahrbahnverlauf, der eigene Fahrkorridor bzw. der eigene vorausberechneten Fahrtrajektorie, die Art der Fahrspurbegrenzung, die Breite der Fahrspurbegrenzung, die Krümmung der Fahrbahn, der Gierwinkelfehler, die Fahrspurbreite, die Fahrbahnbreite, die Querabweichung, der Abstand zur linken und/oder rechten Fahrspurbegrenzung, der minimale Abstand zur linken und/oder rechten Fahrspurbegrenzung während eines Fahrzyklus und die Sichtgüte auf.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens ist der mindestens eine Fahrzeuginsasse der Fahrer, und/oder der Beifahrer und/oder ein Mitfahrer auf dem Rücksitz des Fahrzeugs.

Da jeder Fahrzeuginsasse die Fahrsituation teilweise extrem unterschiedlich wahrnimmt, ist es von Vorteil, gemäß dieser Ausgestaltung das Fahrerassistenzsystem A für jede der Wahrnehmungen der unterschiedlichen Fahrzeuginsassen einzeln und zusammen zu charakterisieren.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird die Berechnung der jeweils wenigstens einen Kennwertfunktionen und der Korrekturfunktion während und/oder nach einer Fahrt oder einer Simulation des Fahrzeugs durchgeführt.

Die zu dem vorstehend beschriebenen Aspekt der Erfindung und den zugehörigen vorteilhaften Ausgestaltungen des Verfahrens offenbarten Merkmale gelten auch für die nachstehend beschriebenen Aspekte der Erfindung und die zugehörigen vorteilhaften Ausgestaltungen der Vorrichtung zur Optimierung eines Fahrerassistenzsystems und des Fahrzeugs mit einem Fahrerassistenzsystem entsprechend. Umgekehrt gelten die zu den nachstehend beschriebenen Aspekten der Erfindung und den zugehörigen Weiterbildungen des Vorrichtung zur Optimierung eines Fahrerassistenzsystems und des Fahrzeugs mit einem Fahrerassistenzsystem offenbarten Merkmale auch für den vorstehend beschriebenen Aspekt der Erfindung und die zugehörigen Weiterbildungen des Verfahrens entsprechend.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung ist der wenigstens eine Umgebungssensor aus der Gruppe vorausschauender Radar und rückschauender Radar, insbesondere Nahbereichsradar, Fernbereichsradar und Multi-Mode-Radar, vorausschauender Lidar (laser-Entfernungsmessgerät) , rückschauender Lidar, Ultraschallsensor, Infrarotkamera, insbesondere Nah-/Ferninfrarotkamera und Kamera im sichtbaren Spektralbereich bzw. Bildverarbeitungskamera, GPS, insbesondere hochauflösendes GPS ausgewählt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung ist der wenigstens eine Fahr-zeugsensor aus der Gruppe Gyrometer, Geschwindigkeitsmesser, Beschleunigungssensor, normal- oder hochauflösendes GPS, Vibrationssensor, Höhenmesser, Vermessungseinrichtung, Drehzahlmesser, Drosselklappensensor, Hitzdrahtanemometer, Drehmomentmesser, Schaltsensor, Tankfüllstandssensor Temperatursensor, ausgewählt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung hat diese auf Daten aus dem fahrzeuginternen Netzwerk bzw. Netzwerken, insbesondere dem CAN-Bus, Zugriff.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung werden, soweit vorhanden, Fahrzeugsensoren und Umgebungssensoren benutzt, welche im Fahrzeug serienmäßig verbaut sind.

Beide vorhergehenden Ausgestaltungen reduzieren den Hardwarebedarf für die erfindungsgemäße Vorrichtung, da im Fahrzeug vorhandene Einrichtungen, insbesondere Sensoren und Messaufnehmer, genutzt werden können.

Beispielhafte Ausführungsformen des Verfahrens und/oder der Vorrichtung sowie weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Zusammenhang mit den Figuren, welche im Einzelnen darstellen:

Fig. 1 zeigt ein Diagramm, in welchem jeweils der Fahrer (Driver - jeweils linker Balken) und der Beifahrer (Co-Driver - jeweils rechter Balken) verschiedene Kriterien zur Charakterisierung eines Fahrerassistenzsystems nennen;

Fig. 2 zeigt teilweise schematisch die Herleitung eines Bewertungsalgorithmus für eine erfindungsgemäße Korrekturfunktion;

Fig. 3 zeigt teilweise schematisch verschiedene Fahrlinien eines Fahrerassistenzsystems, welche verschiedenen Korrekturwerten der erfindungsmäßen Korrekturfunktion entsprechen;

Fig. 4 stellt teilweise schematisch eine Fahrsituation Folgen bei konstanter Geschwindigkeit dar;

Fig. 5 stellt teilweise schematisch einen Einregelvorgang der Geschwindigkeit eines Fahrerassistenzsystems dar;

Fig. 6 stellt teilweise schematisch ein Diagramm für die Abhängigkeit der Korrekturfunktion von der Ansprechverzögerung AV dar;

Fig. 7 stellt teilweise schematisch den Einfluss der Relativbeschleunigung auf die Korrekturfunktion dar;

Fig. 8 stellt teilweise schematisch den Einfluss des Minimalwerts bzw. des Maximalwerts einer Relativgeschwindigkeit auf eine Korrekturfunktion dar;

Fig. 9 stellt teilweise schematisch eine Abhängigkeit der Korrekturfunktion von dem Abstand zu dem zu folgenden Fahrzeug dar;

Fig. 10 stellt teilweise schematisch einen Zwei-Sekunden-Sicherheitskorridor dar;

Fig. 11 stellt teilweise schematisch einen Verlauf einer Bahnkurve eines Fahrzeugs dar;

Fig. 12 stellt teilweise schematisch den Einfluss der Querabweichung auf die Korrekturfunktion dar;

Fig. 13 stellt teilweise schematisch den Gierwinkelfehler dar;

Fig. 14 stellt teilweise schematisch verschiedene Fahrzeugparameter und Umgebungsparameter dar;

Fig. 15 zeigt teilweise schematisch den Messaufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Optimierung eines Fahrerassistenzsystems; und

Fig. 17 stellt teilweise schematisch eine Anordnung von Sensoren an einem Fahrzeug dar.

Das erfindungsgemäße System betrifft die automatisierte Charakterisierung und Bewertung der Sicherheit und der Fahrqualität eines Fahrerassistenzsystems A anhand von objektivierten subjektiven Wahrnehmungen eines oder mehrerer Fahrzeuginsassen, wodurch das Fahrerassistenzsystem A in einem weiteren Schritt optimierbar ist.

Die Methodik zur Objektivierung von subjektiven Eindrücken der Insassen beinhaltet die objektive Bewertung von gemessenen Fahrzeugparametern wie Längsdynamik (Betriebs- und Fahrverhalten von Motor- und Getriebe), Querdynamik (Handling, Lenkung, Fahrwerk), Vertikaldynamik (Fahrwerkskomfort) und Umgebungsparametern. Aus Messgrößen von Sensoren und Steuergeräten wird eine Vielzahl von Fahrsituationen insbesondere unter Anwendung der Fuzzy Logik selbständig erkannt, in Echtzeit physikalisch ausgewertet und

vorzugsweise On-Line mit Noten analog dem Subjektivempfinden von Fahrbarkeitsexperten bewertet.

Dies wird am Beispiel der beiden wichtigen Fahrerassistenz-Funktionen Abstandskontrolle und Fahrspurassistent dargestellt. Genauso kann aber jedes andere Fahrerassistenzsystem, das teilautomatisiertes Fahren bis hin zum hochautomatisierten/autonomen Fahren ermöglicht, mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens optimiert werden.

Die Fahrzyklen zur Bewertung der jeweiligen Fahrerassistenzsysteme A, hier Abstandskontrolle und Fahrspurassistent, werden dabei bevorzugt miteinander verknüpft, um alle Systeme in einem Fahrzyklus bewerten zu können. Genauso können die jeweiligen Fahrerassistenzsysteme A jedoch auch einzeln geprüft werden.

Rein beispielhaft wird im Folgenden eine Kalibrierungsphase des erfindungsgemäßen Systems beschrieben:

Aus umfangreichen Versuchsfahrten von Experten und Fahrzeugendkunden werden für verschiedene Fahrsituationen subjektiv-relevante Kriterien oder Parameter für das zumindest eine zu prüfende Fahrerassistenzsystem A definiert und danach anhand dieser Kriterien bewertet. Fahrsituationen sind hierbei durch Wertebereiche einzelner Fahrzeugparameter oder Umgebungsparameter oder durch Kombinationen von Fahrzeugparametern und Umgebungsparametern definiert. Fahrzeugparameter charakterisieren hierbei einen Betriebszustand eines Fahrzeugs, betreffen also Parameter, die im oder am Fahrzeug bzw. Aggregaten des Fahrzeugs gemessen werden. Umgebungsparameter charakterisieren die Umgebung des Fahrzeugs, also beispielsweise Abstände vom Fahrzeug zu charakteristischen Objekten in der Umgebung, aber auch Umweltgrößen wie die Sonneneinstrahlung oder auch die Temperatur.

Für die vorliegenden Fahrerassistenzsysteme sind als Fahrzeugparameter vorzugsweise die Fahrzeuggeschwindigkeit v_{x1} , die Gierwinkelgeschwindigkeit, der Lenkwinkel, die Längsbeschleunigung a_{x1} , die Querbewegung, die Gaspedalstellung, die Bremspedalstellung, die Motordrehzahl, die Gangstufe und der Einschaltzustand des Fahrerassistenzsystems A vorgesehen. Als Umgebungsparameter sind vorzugsweise der Abstand D_x zu zumindest einem anderen Fahrzeug, insbesondere dem Vorfahrzeug, die Querposition zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, die Längsposition zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, die Relativgeschwindigkeit v_{rel} zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, die Relativbeschleunigung a_{rel} zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorfahrzeugs, gegenüber dem eigenen

Fahrzeug, die Breite zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorausfahrzeugs, die Art zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorausfahrzeugs, die Klasse zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorausfahrzeugs, die Anzahl der Fahrspuren, der Fahrbahnverlauf 4, der eigene Fahrkorridor bzw. der eigene vorausberechneten Fahrtrajektorie, die Art der Fahrspurbegrenzung, die Breite der Fahrspurbegrenzung, die Krümmung der Fahrbahn, der Gierwinkelfehler $\Delta\omega$, die Fahrspurbreite B_i , die Fahrbahnbreite, die Querabweichung Q , der Abstand zur linken und/oder rechten Fahrspurbegrenzung D_y , der minimale Abstand zur linken und/oder rechten Fahrspurbegrenzung während eines Fahrzyklus und die Sichtgüte, welche eine Sichteinschränkung des Fahrerassistenzsystems A durch ein Hindernis oder einen sonstigen Umgebungseinfluss charakterisiert, vorgesehen.

Die Auflistung der Parameter ist rein beispielhaft und nicht abschließend. Vorzugsweise werden nur jene Fahrzeugparameter und/oder Umgebungsparameter ermittelt bzw. jene Messungen durchgeführt, welche als Kriterium zur Beurteilung des Fahrerassistenzsystems A oder einer Fahrsituation dienen.

Die subjektive Beurteilung der Assistenzsysteme erfolgt dabei vorzugsweise sowohl von der Fahrer-, und von der Beifahrerperspektive, als auch aus der Perspektive von Frauen und Männer unterschiedlichen Alters und mit unterschiedlicher Fahrerfahrung, also von verschiedenen Probandengruppen, welche idealerweise statistisch die typischen Endkunden charakterisieren.

Vorzugsweise werden nach einer ersten Eingewöhnungsphase, in der sich die Probanden, d.h. die Testfahrer bzw. Testbeifahrer, mit der Bedienung und Funktion des Fahrerassistenzsystems A vertraut machen, Kriterien, vorzugsweise mit Fragebögen, abgefragt, die mit der Akzeptanz des Fahrerassistenzsystems A in Zusammenhang stehen.

Aus der Auswertung der abgefragten Kriterien in Verbindung mit Bemerkungen in den Fragebögen können die notwendigen Parameter für eine Bewertung eines Fahrerassistenzsystems in einzelnen Fahrsituationen, z.B. jene für die Abstandskontrolle oder den Fahrspurassistenten, ermittelt werden.

Wie in Fig. 1 gezeigt, ergab sich bei Versuchen, welche für Abstandskontrolle und Fahrspurassistent A von der Anmelderin gemacht wurden, wesentliche Unterschiede zwischen der Fahrer- (jeweils linker Balken) und Beifahrerbewertung (jeweils rechter Balken) der genannten Kriterien und. Vor allem beim aktiviertem Fahrspurassistenten A ist der Fahrer, der zwar nicht selbst lenkt, aber trotzdem hinter dem Lenkrad sitzt, wesentlich sensibler für die Regeltätigkeit der Lenkung und nimmt andere Kriterien wahr, als der Proband auf dem

Beifahrersitz. Der Beifahrer dagegen ist eher sensibel auf Änderungen der Querbewegung und auf optisch erfasste Spuränderungen des Fahrzeuges auf der Straße.

Ein deutlicher Unterschied besteht auch in der Anzahl von genannten Bewertungskriterien zwischen Endkunden und Experten. Experten nennen in etwa dreimal so viele Kriterien wie Endkunden, wobei Experten sowohl positive wie auch negative Eigenschaften benennen, Endkunden jedoch vorrangig nur negative. Die Summe aller genannten Kriterien wurde für die Definition der Kriterien zur Optimierung bzw. Charakterisierung von Fahrerassistenzsystemen herangezogen.

Für die einzelnen einer Fahrsituation zugeordneten Kriterien werden vorzugsweise jeweils mindestens ein messbarer Fahrzeugparameter und/oder ein messbarer Umgebungsparameter festgelegt, welcher dieses Kriterium messtechnisch charakterisiert.

Vorzugsweise werden in einem nächsten Schritt Fahrzyklen mit den Probanden durchgeführt, wobei weiter vorzugsweise gleichzeitig Messdaten der festgelegten Fahrzeugparameter durch Sensoren im Fahrzeug, Umgebungsparameter durch Radar/Lidar-, Ultraschall und Kamerasysteme und die Aktivität des zumindest einen Fahrerassistenzsystems A mittels der Veränderung der festgelegten Parameter oder über eine Schnittstelle zu dem Fahrerassistenzsystem A selbst für eine Vielzahl von Verkehrssituationen aufgenommen werden.

Nach Abschluss der Fahrzyklen werden die Probanden nochmals in Bezug auf die für verschiedene Fahrsituationen des jeweiligen Fahrerassistenzsystems A ermittelten Kriterien befragt und gebeten, das jeweilige Fahrerassistenzsystem A abschließend und übergreifend nach den Fahrsituationen zu bewerten. Dieses Festhalten der Eindrücke der Probanden erfolgt vorzugsweise anhand eines standardisierten Fragebogens und auch Kommentare betreffend besonderer Auffälligkeiten zu den einzelnen von dem Fahrerassistenzsystem A durchgeführten Steuereingriffe können weiter vorzugsweise abgegeben werden. Die Expertengruppe bewertet das Verhalten des Fahrerassistenzsystems A in Intervallen von vorzugsweise etwa 10 Sekunden oder bei besonderen Auffälligkeiten zusätzlich mit einem Zusatzfragebogen mit subjektiven Noten gemäß einer Skala von 1 bis 10 (in Anlehnung an die Skala nach den VDI-Richtlinien 2563). Hierbei stellt 10 die beste Bewertung (Störungen auch durch geübten Beurteiler nicht mehr feststellbar) und 1 die schlechteste Bewertung (nicht mehr akzeptabel) dar.

Bei der Bewertung der Längsdynamik streut die Benotung von Experten im Allgemeinen bei einem Kriterium üblicherweise nur um $\pm 0,5$ Noten. Bei den relativ neuen Fahrerassistenzsystemen ergeben sich dagegen größere Streuungen. Die Gründe liegen in der Neuartigkeit der Systeme, aber auch in der Anzahl von kritischen Fahrsituationen, in denen

beispielsweise eine Abstandskontrolle, ein Fahrspurassistent oder ein automatisiertes/autonomes System bewertet werden. Unter anderem werden die Bremscharakteristik und die Reproduzierbarkeit bei „Bremsung bei Folgefahrt“ subjektiv unterschiedlich bewertet.

Außerdem sind nach Auswertung der Daten bei einzelnen Fahrmanövern im Allgemeinen auch Streuungen bei den Reaktionen des Fahrerassistenzsystems A festzustellen, auch wenn das Versuchsfahrzeug, das Vorfahrzeug, die Versuchsstrecke und die Randbedingungen möglichst konstant gehalten werden. Ein Beispiel für eine Fahrsituation mit großer Streuung in der Reaktion eines Fahrerassistenzsystems zur Abstandskontrolle ist die Fahrsituation „Vorfahrzeug bremst mittelstark (Verzögerung ca. -4m/s^2) bis zum Stillstand“. Dafür kann es mehrere Ursachen geben, die sowohl am Vorfahrzeug wie auch am eigenen Fahrzeug liegen können. Sobald das Vorfahrzeug mit der Bremsung beginnt, sind die Bremslichter für Fahrer und Beifahrer sichtbar. Beide warten bei Aufleuchten der Bremslichter auf die erste Reaktion der Abstandskontrolle und eine angemessene Regelung des Abstandes zum Vorfahrzeug während der Abbremsung. Die Abstandskontrolle reagiert aber erst bei einer systemseitig vorgegebenen Abstandsänderung zum Vorderfahrzeug, z.B. weil sich die Relativgeschwindigkeit oder der Abstand zwischen den beiden Fahrzeugen ändert. Somit hängt die Bewertung auch vom Vorfahrzeug und vom Bremsstil des Fahrers des Vorfahrzeuges ab. Die Streuungen des subjektiven Empfindens sind dadurch hier stärker ausgeprägt als in anderen Fahrsituationen.

Bei Annäherung an ein langsamer vorfahrendes oder bremsendes Fahrzeug besteht potentiell die höchste Sensibilität der Fahrzeuginsassen bezüglich Bremsbeginn und Bremsverhalten einer Abstandskontrolle. Hier spielt offensichtlich auch die Antizipation des Menschen aufgrund der Erfassung der gesamten Verkehrssituation eine wesentliche Rolle. So wird zum Beispiel ein passender Verzögerungsbeginn bei schneller Annäherung auf ein langsam fahrendes Fahrzeug auf der Autobahn und freier Überholspur als störend früh beurteilt, weil der Fahrer beabsichtigt, das Fahrzeug zu überholen. Dasselbe Verhalten der Abstandskontrolle ohne freie Fahrspur, weil beispielsweise gerade ein LKW einen anderen überholt, wird aufgrund der anderen Wahrnehmung der Umgebung als zu spät beurteilt. In Fällen, bei denen keine freie oder weitere Fahrspur zur Verfügung steht, verstärkt sich das kritische Empfinden hinsichtlich eines zu späten Verzögerungsbeginns, wenn das vorfahrende Fahrzeug ein Bremsmanöver einleitet.

Die Streuungen bei der Bewertung von Kriterien des Fahrspurassistenten sind im Allgemeinen geringer als die einer Abstandskontrolle, was die Sensibilität von Probanden bezüglich Bremsverhalten unterstreicht.

Die erwähnten Beispiele zeigen die hohe Komplexität und Abhängigkeit der menschlichen Beurteilung von den Umgebungsbedingungen. Gleiche Eingangsgrößen von Fahrzeuggeschwindigkeit, Fahrzeugabstand und Differenzgeschwindigkeit können in Abhängigkeit von verschiedenen Umgebungsbedingungen bzw. Fahrsituationen zu vollkommen unterschiedlichen Bewertungen führen. Dies zeigt auch die Wichtigkeit einer Bildauswertung neben der Radarmesstechnik im Fahrzeug.

Vorzugsweise werden von dem patentgemäßen System daher auch Umgebungsparameter wie das Aufleuchten der Bremslichter des Vorderfahrzeugs, welche keine physikalische Information über die Bewegung des Vorausfahrzeugs oder Straßensituation enthalten, von einem Fahrzeuginsassen aber dennoch zur Beurteilung der Fahrsituation wahrgenommen werden, ausgewertet, um die subjektive Wahrnehmung einer Fahrsituation auf einen Fahrzeuginsassen zu ermitteln. Daher können die zur Beurteilung der Fahrsituation herangezogenen (objektiven) physikalischen Parameter von den zur Beurteilung der Wahrnehmung herangezogenen (subjektiven) physikalischen Parametern teilweise oder ganz verschieden sein.

Mit den subjektiven Bewertungen der Endkunden und der Experten und den objektiven Messdaten der Fahrzeugparameter und Umgebungsparameter werden vorzugsweise mittels neuronaler Netze Bewertungsalgorithmen und Korrekturfunktionen, insbesondere komplexe, multidimensionale Formeln, erstellt. Eine solche Vorgehensweise ist in Figur 2 veranschaulicht. Damit lassen sich Expertenbewertungen und oder Endkundenbewertungen objektiv nachbilden. Dabei kann das System bevorzugt sowohl zur Bewertung für eine statistisch repräsentative Gruppe, als auch für eine jeweilige Probandengruppe eingerichtet werden.

Hieraus ergibt sich eine Korrekturfunktion für eine objektive Charakterisierung bzw. Bewertung der subjektiven Wahrnehmung einer Fahrsituation durch einen Fahrzeuginsassen für die Attribute Fahrqualität des Fahrerassistenzsystems A sowie die Fahrsicherheit, die Beanspruchung des Fahrzeugs und/oder die Fahrbarkeit des Fahrzeugs bei Einsatz des Fahrerassistenzsystems A.

Der einfachste Fall einer Korrekturfunktion für ein Fahrerassistenzsystem A ist hierbei eine lineare Abhängigkeit von den jeweiligen Kriterien bzw. Parametern für die jeweiligen Fahrsituationen, wobei sich der Korrekturwert KW der Korrekturfunktion dann wie folgt ergibt:

$$KW = \underbrace{c_1 \cdot Para_1 + c_2 \cdot Para_2}_{\text{Fahrsituation 1}} + \underbrace{c_3 \cdot Para_3 + \dots + c_n \cdot Para_n}_{\text{Fahrsituation 2}} + \underbrace{c_{n+1} \cdot Para_{n+1} + \dots}_{\text{Fahrsituation 3}}$$

Eine Kalibrierung des erfindungsgemäßen Systems kann vorzugsweise auch auf andere Weise erfolgen, zum Beispiel in Bezug auf Referenzfahrerassistenzsysteme, deren gute oder sehr gute Eigenschaften in Bezug auf die obigen Attribute schon bekannt sind.

Ist das erfindungsgemäße System kalibriert, kann dieses zur Optimierung von einem oder mehreren Fahrerassistenzsystemen A gleichzeitig herangezogen werden. Rein beispielhaft wird vorliegend die Optimierung eines Fahrerassistenzsystems A, wiederum zum Beispiel die Abstandskontrolle oder der Fahrspurassistent, eines Fahrzeugs 5 beschrieben.

Vorzugsweise werden zunächst das bzw. die zu optimierenden Fahrerassistenzsysteme des Fahrzeugs, vorliegend das Fahrerassistenzsystem A, durch den Benutzer oder im automatischen Modus durch das System selbst festgelegt.

Im Folgenden werden an dem Fahrzeug 5 vorzugsweise Messungen während einem Fahrzyklus durchgeführt, anhand derer Fahrzeugparameter und Umgebungsparameter messtechnisch, vorzugsweise mittels Sensoren, ermittelt werden. Vorzugsweise werden dabei alle verfügbaren Parameter kontinuierlich aufgenommen, so dass eine durchgehende Charakterisierung des Fahrzeugs 5 während des Fahrzyklus möglich ist.

Für die Objektivierung des subjektiven Empfindens ist es notwendig, physikalisch messbare Parameter zu definieren, die mit dem subjektiven Empfinden korrelieren. Bei den betrachteten Fahrerassistenzsystemen A sind das im Wesentlichen verschiedene physikalische Parameter, da die Abstandskontrolle die Längsdynamik des Fahrzeuges 5 beeinflusst und der Fahrspurassistent auch die Querdynamik. Für jede Fahrsituation ergibt sich dabei ein offensichtlicher Hauptparameter. Die Abstandsregelgüte der Abstandskontrolle ist naturgemäß vom Abstand zum Vorfahrzeug abhängig. Um eine gute Korrelation zu erreichen, werden neben dem wahrscheinlich wichtigsten Hauptparameter vorzugsweise auch eine größere Zahl von physikalischen Zusatzparametern mitgemessen. Bei der Abstandskontrolle sind dies u.a. Abstand, absolute und relative Geschwindigkeit zum Vorfahrzeug, relative Längsbeschleunigung, Querbeschleunigung, Fahrbahnbreite, Gegenverkehr, usw.

Diese werden vorzugsweise jeweils in einer Fahrzeugparameterfunktion und einer Umgebungsparameterfunktion zusammengefasst, welche weiter vorzugsweise von der Zeit abhängen. Die Parameterfunktionen bilden daher vorzugsweise Tupel von einzelnen Fahrzeugparametern bzw. Umgebungsparametern.

Auf der Grundlage der Fahrzeugparameterfunktion und/oder der Umgebungsparameterfunktion wird die vorliegende Fahrsituation bestimmt. Die Fahrsituation beschreibt hierbei den Betriebszustand des Fahrzeugs und/oder die umgebende Verkehrssituation, welcher das

Fahrzeug ausgesetzt ist und welche durch das Fahrerassistenzsystem A bewältigt werden muss. Diese Bestimmung der Fahrsituation geschieht dabei vorzugsweise durch die Berechnung des momentanen Werts einer Fahrsituationskennwertfunktion.

Weiterhin wird ein Kriterium zur Charakterisierung der Aktivität des Fahrerassistenzsystems A bestimmt. Da vorzugsweise nicht vorgesehen ist, dass das erfindungsgemäße System Zugriff auf Informationen aus dem Fahrerassistenzsystem A hat, wird die Aktivität, insbesondere ein Vorliegen eines Steuereingriffs und/oder eine Intensität des Steuereingriffs des Fahrerassistenzsystems A, aus dem oder den gemessenen Fahrzeugparameter und/oder dem oder den gemessenen Umgebungsparametern abgeleitet. Alternativ kann die Aktivität auch über eine Schnittstelle zu dem Fahrerassistenzsystem A ausgelesen werden. Als Kriterien zur Charakterisierung der Aktivität kommen hierbei vorzugsweise die Abschaltschwelle, die Ausstiegshäufigkeit, die Reaktion auf das Vorauszfahrzeug die Reaktion auf eine Fahrspurabweichung, die Reaktionszeit, die Ansprechverzögerung und die Erfassungsdauer für ein Objekt, d.h. die Zeitdauer, die vergeht, bevor das Fahrerassistenzsystem A ein bestimmtes Objekt erfasst, des Fahrerassistenzsystems A in Betracht. Weiter vorzugsweise hängt das für die Bestimmung des Vorliegens eines Steuereingriffs betrachtete Kriterium von der Fahrsituation bzw. von dem Wert der Fahrsituationskennwertfunktion und/oder dem betrachteten Fahrerassistenzsystem A ab. So wird für die Abstandskontrolle beispielsweise die Reaktion auf eine Abstandsabweichung und für den Fahrspurassistenten die Reaktion auf eine Fahrspurabweichung betrachtet. Die Kriterien für die Aktivität, d.h. das Eingreifen oder das Nicht-Eingreifen, des Fahrerassistenzsystems wird dabei vorzugsweise auf der Grundlage der Fahrzeugparameterfunktion und/oder der Umgebungsparameterfunktion berechnet, d.h. unter Verwendung wenigstens eines Fahrzeugparameters und wenigstens eines Umgebungsparameters aus diesen Funktionen. Die Bestimmung der Aktivität des Fahrerassistenzsystems A geschieht dabei vorzugsweise über eine Steuereingriffskennwertfunktion.

Schließlich wird die subjektive Wahrnehmung der vorliegenden Fahrsituation durch zumindest einen Fahrzeuginsassen auf der Grundlage der Fahrzeugparameter und/oder der Umgebungsparameter bestimmt. Auch das oder die für die Wahrnehmung der jeweiligen Fahrsituation betrachteten Kriterien bzw. Parameter hängen vorzugsweise von dem zu charakterisierenden Fahrerassistenzsystem A ab. Die Bestimmung der subjektiven Wahrnehmung geschieht dabei über eine Korrekturfunktion, welche vorzugsweise die Abhängigkeiten der mittels neuronaler Netze erstellten bzw. trainierten Bewertungsalgorithmen wiedergibt.

Wenn sich die Fahrsituationskennwertfunktion nicht ändert, wird die Korrekturfunktion jeweils periodisch, insbesondere für ein Zeitintervall von maximal etwa 10s, bevorzugt maximal etwa 5s

berechnet. Wenn sich die Fahrsituationskennwertfunktion während eines solchen Zeitintervalls ändert, wird die Korrekturfunktion für den Zeitraum des vorhergehenden Fahrsituationskennwerts bzw. der vorhergehenden Fahrsituation seit der letzten periodischen Berechnung berechnet. Zusätzlich wird eine neuerliche periodische Berechnung der Korrekturfunktion für den nachfolgenden Fahrsituationskennwert bzw. Fahrsituation gestartet.

Vorzugsweise hängt der Steuereingriffskennwert und weiter vorzugsweise die wenigstens eine Korrekturfunktion des Weiteren von dem zu charakterisierenden Fahrzeugassistenzsystem A ab. Beispielsweise werden für die Charakterisierung einer Abstandskontrolle also vorzugsweise andere Funktionen verwendet wie bei einem Fahrspurassistenten.

Vorzugsweise wird bei der Berechnung der Korrekturfunktion und/oder der Steuereingriffskennwertfunktion zumindest ein Fahrzeugparameter und/oder zumindest ein Umgebungsparameter aus der Fahrzeugparameterfunktion oder der Umgebungsparameterfunktion herangezogen, welcher nicht bei der Berechnung der Fahrsituationsparameterfunktion verwendet wird. Umgekehrt kann aber auch bei der Berechnung der Fahrsituationsparameterfunktion zumindest ein Fahrzeugparameter und/oder zumindest ein Umgebungsparameter aus der Fahrzeugparameterfunktion oder der Umgebungsparameterfunktion herangezogen werden, welcher nicht Berechnung der Korrekturfunktion und/oder der Steuereingriffskennwertfunktion verwendet wird. Selbiges gilt auch zwischen der Berechnung der Korrekturfunktion und der Berechnung Steuereingriffskennwertfunktion.

Beispielhaft wird die Charakterisierung der Außenwahrnehmung des Fahrers für die Fahrqualität eines Fahrspurassistenten anhand des Kriteriums Querregelgüte dargestellt, für welche als physikalische Parameter vorzugsweise Lenkrad- und Gierwinkel bzw. Gierwinkelfehler, die Geschwindigkeit, Querbeschleunigung, die Fahrspurkrümmung sowie die Lage der Bahnkurve bzw. Trajektorie des Fahrzeugs (Abstand zum Fahrspurrand, Abstand zur Fahrspurmitte) herangezogen werden. Dabei soll das Fahrzeug in jeder Fahrsituation, vorliegend der Fahrsituation freies Fahren, einer auf den Fahrer angenehm und sicher wirkenden Bahnkurve innerhalb der Fahrspur folgen.

Wesentliche Einflüsse auf die Querregelgüte haben vor allem starke Gradienten und Wechselanteile (Unstetigkeiten) in den Signalen Lenkradwinkel, Gierwinkel und Querbeschleunigung, da jegliches Zucken in der Lenkung oder bezüglich der Fahrtrichtung als unangenehm und teilweise auch als unsicher empfunden werden.

Die gewählte Fahrlinie wird als souverän und sicher von den Fahrzeuginsassen wahrgenommen, wenn die Fahrlinie durch eine Kurvenkombination weitgehend einer Ideallinie mit möglichst großen Radien und harmonischen Richtungsänderungen entspricht.

Figur 3 zeigt die Fahrlinienwahl exakt in Fahrspurmitte für eine leichte Links-Rechts-Kurvenkombination. Bei der Analyse des Subjektivempfindens wird diese Fahrlinienwahl aufgrund der relativ deutlichen Richtungsänderungen an den Wegpunkten P2 und P3 bezüglich Spurhaltung als akzeptabel bewertet.

Figur 3 in der Mitte zeigt eine leicht verspätetes Reagieren des Fahrspurhaltereglers bezogen auf die Mitte der Fahrspur, hier werden die relativ starken Richtungsänderungen als zu spät und somit an dem Wegpunkt P3 auch als unsicher empfunden und bewertet,

weil der Wagen zu sehr in Richtung Gegenfahrbahn und Gegenverkehr steuert.

Die grüne Fahrspurwahl in Fig. 3 rechts entspricht einer Ideallinie mit den größtmöglichen Kurvenradien und kleinstmöglichen Richtungsänderungen innerhalb der Fahrspur. Dieses Verhalten wurde hinsichtlich Sicherheits- und Fahrqualitätsempfinden am besten bewertet. Das Beispiel zeigt einerseits die Herausforderungen an die Querregelgüte und Abstimmung von Fahrspurassistenten, sowie die hohe Komplexität des Subjektivempfindens des Menschen für die Spurhaltung auf Basis von messbaren physikalischen Parametern objektiv bewertbar darzustellen.

Bei dem Fahrerassistenzsystem Abstandssteuerung werden vorzugsweise folgende Parametern in Abhängigkeit von der jeweiligen Fahrsituation zur Bestimmung der Wahrnehmung herangezogen:

Für die Fahrsituation Folgen bei konstanter Geschwindigkeit die Parameter Relativgeschwindigkeit v_{rel} zu einem benachbarten Fahrzeug, insbesondere Minimalgeschwindigkeit und Maximalgeschwindigkeit sowie die Standardabweichung der Geschwindigkeit in einem Zeitintervall, Steuerdauer der Abstandskontrolle, welche die Einschwingzeit des Reglers charakterisiert, Abstand D_x zum benachbarten Fahrzeug, insbesondere der Minimalabstand, der Maximalabstand sowie die Standardabweichung während eines Zeitintervalls, Geschwindigkeit v_{x1} des geführten Fahrzeugs 5, insbesondere der Mittelwert während einem Zeitintervall, gewünschte Geschwindigkeit des Fahrzeugs, Zeitlücke zum benachbarten Fahrzeug sowie relative Beschleunigung v_{rel} zum benachbarten Fahrzeug, insbesondere der Minimalwert, der Maximalwert sowie die Standardabweichung während eines Zeitintervalls.

Ein Vorliegen der Fahrsituation Folgen bei konstanter Geschwindigkeit wird vorzugsweise angenommen, wenn dass das Fahrzeug, dem zu folgen ist, eine Beschleunigung aufweist, welche in einem Zeitraum von 4 s geringer als $0,3 \text{ m/s}^2$ ist. Die Fahrsituation wird vorzugsweise als beendet angenommen, wenn die Geschwindigkeit des Fahrzeugs, welchem zu folgen ist,

größer als $0,3 \text{ m/s}^2$ ist, oder wenn das Fahrzeug verloren wird. Bei der Beschleunigung des zu folgenden Fahrzeugs handelt es dabei um einen Umgebungsparameter.

Verschiedene vorzugsweise zu betrachtenden Parameter in Bezug auf die Fahrsituation Folgen bei konstanter Geschwindigkeit sind in Fig. 4 und Fig. 5 dargestellt.

Figur 4 stellt eine typische Fahrsituation Folgen bei konstanter Geschwindigkeit dar, bei welcher dem vorausfahrenden benachbarten Fahrzeug gefolgt wird. Es werden der gewünschte Abstand, sowie die Geschwindigkeiten v_{x1} , v_{x2} des geführten Fahrzeugs 5 sowie des zu folgenden Fahrzeugs v_{x2} dargestellt. Die Abstandskontrolle soll hierbei das Fahrzeug zwischen der linken Fahrspurbegrenzung 1 und der rechten Fahrspurbegrenzung 2 mit einem gewünschten Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug führen, wobei dieser Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug ein Umgebungsparameter ist.

Figur 5 stellt eine den Einregelvorgang der Geschwindigkeit v_{x1} des geführten Fahrzeugs 5 auf die Geschwindigkeit v_{x2} des Vorausfahrzeugs dar, wenn der gewünschte Abstand X erreicht ist. Insbesondere sind die Steuerrdauer sowie die Amplituden $A1$, $A2$, $A3$ der Steuerabweichung während dem Einregelvorgangs entnehmbar. Die Steuerrdauer der Abstandskontrolle sowie die Amplituden $A1$, $A2$, $A3$ charakterisieren hierbei die Aktivität des Fahrerassistenzsystems A und werden, wie dargestellt, aus dem Umgebungsparameter v_{rel} , insbesondere mittels einer Steuereingriffsfunktion, abgeleitet. Weiterhin wird eine vereinfachte Abhängigkeit des Korrekturwerts KW der Korrekturfunktion von der den Amplituden $A1$, $A2$, $A3$ dargestellt, wobei andere Parameter, welche gegebenenfalls einen Einfluss auf diesen Parameter haben, rein beispielhaft außer Betracht gelassen werden.

Für die Fahrsituation Folgen bei Beschleunigung des benachbarten Fahrzeugs werden vorzugsweise die Parameter Ansprechverzögerung, Abstand D_x zum benachbarten Fahrzeug, insbesondere der Minimalabstand, der Maximalabstand und die Standardabweichung während eines Zeitintervalls, Geschwindigkeit v_{x1} , insbesondere die Minimalgeschwindigkeit, die Maximalgeschwindigkeit und der Mittelwert während eines Zeitintervalls, gewünschte Geschwindigkeit, Zeitlücke zum benachbarten Fahrzeug, relative Geschwindigkeit zum benachbarten Fahrzeug, insbesondere der Minimalwert, der Maximalwert und die Standardabweichung während eines Zeitintervalls, relative Beschleunigung zu einem benachbarten Fahrzeug, insbesondere der Minimalwert, der Maximalwert und die Standardabweichung während eines Zeitintervalls, Chassis-Beschleunigung, d.h. die Beschleunigung an der jeweiligen Insassensitzschiene und/oder erwartete Chassis-Beschleunigung, d.h. die Beschleunigung, welche durch das jeweilige geführte Fahrzeug 5 realisierbar ist, berücksichtigt.

Die Fahrsituation Folgen bei Beschleunigung wird dabei vorzugsweise als vorliegend angenommen, wenn die Beschleunigung a_{x2} des Fahrzeugs, welchem gefolgt werden soll, größer als 1 m/s^2 in einem Zeitintervall von mehr als 2 s ist. Die Fahrsituation wird vorzugsweise als beendet angenommen, wenn die Beschleunigung des Fahrzeugs, welchem gefolgt werden soll, kleiner als $0,51 \text{ m/s}^2$ ist oder dieses Fahrzeug verloren geht.

Eine vereinfachte Darstellung der Abhängigkeit des Korrekturwertes KW der Korrekturfunktion in Abhängigkeit von der Ansprechverzögerung AV (in Sekunden) ist in Fig. 6 dargestellt. Anderen gegebenenfalls zu betrachtenden Parameter für ein Folgen bei Beschleunigung werden hierbei außer Betracht gelassen.

In Fig. 7 ist der Einfluss der Relativ-Beschleunigung beispielhaft auf den Korrekturwert KW der Korrekturfunktion dargestellt. Je nachdem wie stark die Beschleunigung a_{x1} des mit der Abstandskontrolle geführten Fahrzeugs von der Beschleunigung a_{x2} des Voraufahrzeugs abweicht (gepunktete Kurve für den Fall größerer Beschleunigung a_{x1} des geführten Fahrzeugs; gestrichelte Kurve für den Fall größerer Beschleunigung a_{x2} des Voraufahrzeugs), werden, bei außer Betracht lassen gegebenenfalls anderer relevanter Parameter, abnehmende Korrekturwerte KW vergeben.

Schwankungen 3 der Beschleunigung des Voraufahrzeugs sollten dabei aus der Berechnung der Kenngröße ausgeschlossen werden. Eine solche Schwankung 3 ist bei einem Schaltvorgang des vorausfahrenden Fahrzeugs ebenfalls in Fig. 7 dargestellt. Der Bereich t_s wird daher bei einer Charakterisierung ausgeblendet.

Eine weitere Fahrsituation bei der Abstandskontrolle ist das „Folgen bei Verlangsamungen bzw. bei Bremsen“, für welche vorzugsweise die folgenden Parameter in Betracht gezogen werden: Reaktionszeit der Abstandskontrolle, Abstand D_x zum vorangehenden Fahrzeug, insbesondere der Minimalabstand, der Maximalabstand und die Standardabweichung während eines Zeitintervalls, Geschwindigkeit v_{x1} , insbesondere die Minimalgeschwindigkeit, die Maximalgeschwindigkeit und der Mittelwert während eines Zeitintervalls, gewünschte Geschwindigkeit, Zeitlücke, welche den Abstand zum Vordermann charakterisiert, Relativgeschwindigkeit, insbesondere der Minimalwert, der Maximalwert und die Standardabweichung während eines Zeitintervalls, Relativbeschleunigung, insbesondere der Minimalwert, der Maximalwert sowie die Standardabweichung während eines Zeitintervalls, Chassis-Beschleunigung und/oder Kollisionsdauer.

Ein Vorliegen der Fahrsituation Folgen bei Bremsen ist vorzugsweise dann gegeben, wenn die Bremsverzögerung des Fahrzeugs, dem gefolgt werden soll, kleiner als -1 m/s^2 während eines Zeitraums von mehr als 1 s ist. Eine Beendigung der Fahrsituation Folgen bei Verlangsamung

ist vorzugsweise dann gegeben, wenn die Beschleunigung des Fahrzeugs, welchem gefolgt werden soll, kleiner als $-0,21 \text{ m/s}^2$ ist.

In Fig. 8 ist der Einfluss des Minimalwerts bzw. des Maximalwerts der Relativgeschwindigkeit auf den Korrekturwert KW der Korrekturfunktion dargestellt, wenn andere gegebenenfalls relevante Parameter nicht einbezogen werden. Umso größer der Maximalwert der Relativgeschwindigkeit v_{rel} , d.h. die Abweichung der Geschwindigkeit v_{x1} des mit der Abstandsregelung geführten Fahrzeugs 5 in Bezug auf das Fahrzeug, dem gefolgt werden soll, desto schlechter (bzw. niedriger) ist der Korrekturwert KW. Aus dieser Figur kann auch die Reaktionszeit t_{reac} aus dem Umgebungsparameter Relativgeschwindigkeit v_{rel} bestimmt werden. Unter Nichtbeachtung anderer gegebenenfalls relevanter Parameter ist der Einfluss des Parameters Reaktionszeit t_{reac} auf den Korrekturwert der Korrekturfunktion ähnlich zu jenem der Ansprechverzögerung AV in Bezug auf die Fahrsituation Folgen bei Beschleunigung, dargestellt in Fig. 6.

Eine weitere Fahrsituation der Abstandskontrolle ist vorzugsweise das Folgen bis Fahrzeugstopp, mit den Parametern Abstand zu dem zu folgenden Fahrzeug, insbesondere der Minimalabstand während eines Zeitintervalls, Chassis-Beschleunigung während des Abbremsvorgangs sowie Bremsruck beim Anhalten.

Ein Vorliegen der Fahrsituation Folgen bis Fahrzeugstopp ist vorzugsweise dann gegeben, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit v_{x2} des Fahrzeugs, dem gefolgt werden soll, kleiner als $0,3 \text{ m/s}$ während eines Zeitraums von mehr als 1 s ist. Eine Beendigung der Fahrsituation Folgen bis Fahrzeugstopp ist vorzugsweise dann gegeben, wenn das durch die Abstandskontrolle geführte Fahrzeug 5 zum Stillstand kommt. Ein Diagramm einer vorzugsweisen Abhängigkeit der Korrekturfunktion vom Abstand D_x zu dem zu folgenden Fahrzeug ist, wenn andere gegebenenfalls relevante Parameter außer Acht gelassen werden, in Fig. 9 dargestellt.

Eine weitere Fahrsituation der Abstandskontrolle ist vorzugsweise das Folgen beim Losfahren mit den Parametern Abstand D_x zu dem zu folgenden Fahrzeug beim Losfahren, insbesondere der Maximalabstand oder der Mittelwert während eines Zeitintervalls, Ansprechverzögerung AV, Relativgeschwindigkeit v_{rel} , insbesondere die Maximalgeschwindigkeit oder der Mittelwert in einem Zeitintervall, die Relativbeschleunigung a , insbesondere der Maximalwert oder der Mittelwert in einem Zeitintervall, die Chassis-Beschleunigung, insbesondere der Minimalwert, der Maximalwert oder Mittelwert in einem Zeitintervall und/oder die erwartete Chassis-Beschleunigung.

Ein Vorliegen der Fahrsituation Folgen beim Losfahren ist vorzugsweise dann gegeben, wenn die Beschleunigung a_{x2} des Fahrzeugs, dem gefolgt werden soll, größer als 1 m/s^2 ist. Eine Beendigung der Fahrsituation Folgen beim Losfahren ist vorzugsweise dann gegeben, wenn

das durch die Abstandskontrolle geführte Fahrzeug 5 ebenfalls eine Beschleunigung a_{x1} von mehr als 1 m/s^2 aufweist. Mit wachsendem Abstand D_x des geführten Fahrzeugs 5 zu dem zu folgenden Fahrzeug nimmt ein Korrekturwert KW der Korrekturfunktion tendenziell ab, wenn andere gegebenenfalls relevante Parameter außer Acht gelassen werden.

Zwei weitere unterschiedene Fahrsituationen bei der Abstandskontrolle sind vorzugsweise das „Folgen bei Einscheren“ und das „Folgen bei Ausscheren“ mit den Parametern Ansprechverzögerung AV, Abstand D_x zu dem einscherenden bzw. ausscherenden Fahrzeug, insbesondere als Minimalabstand oder Mittelwert in einem Zeitintervall, die Steuerdauer, welche die Einregeldauer des Fahrerassistenzsystems A wiedergibt, die Relativgeschwindigkeit v_{rel} zu dem einscherenden bzw. ausscherenden Fahrzeug, insbesondere der Maximalwert oder der Mittelwert in einem Zeitintervall, die Relativbeschleunigung, insbesondere der Maximalwert oder der Mittelwert in einem Zeitintervall, die Chassis-Beschleunigung, d.h. die an der Sitzschiene des jeweiligen Fahrzeuginsassen gemessene Beschleunigung, insbesondere der Minimalwert, der Maximalwert oder Mittelwert in einem Zeitintervall, die Geschwindigkeit v_{x1} , insbesondere der Mittelwert in einem Zeitintervall, die gewünschte Geschwindigkeit und die Zeitlücke zu dem ein- bzw. ausscherenden Fahrzeug.

in Vorliegen der Fahrsituation „Folgen bei Einscheren bzw. Ausscheren“ ist vorzugsweise dann gegeben, wenn ein Einscheren in den Fahrkorridor, insbesondere in den 2-Sekunden-Sicherheitskorridor, einscheret, wobei das einscherende Objekt bzw. Fahrzeug vorzugsweise eine Breite von zumindest 1 m aufweisen sollte. Eine Beendigung der Fahrsituation „Folgen bei Einscheren“ ist dann gegeben, wenn die Relativgeschwindigkeit v_{rel} zu dem eingescherten Fahrzeug einen Wert kleiner als $0,5 \text{ m/s}$ erreicht. Der 2-Sekunden-Sicherheitskorridor wird beispielhaft in Fig. 10 gezeigt. Dieser ist von den Parametern Fahrzeugbreite F_y des geführten Fahrzeugs, den Sicherheitsabstand S, welcher von der Geschwindigkeit des geführten Fahrzeugs abhängt, dem Abstand zu dem einscherenden Fahrzeug D_x und dem Gierwinkel ω des geführten Fahrzeugs abhängig. Wenn sich kein Objekt bzw. Fahrzeug innerhalb dieses Bereichs befindet, welcher auch durch die gestrichelte Linie gekennzeichnet wird, ist der Sicherheitskorridor frei (die sogenannte 2-Sekunden-Prognose).

Ein Vorliegen der Fahrsituation „Folgen bei Ausscheren“ ist vorzugsweise dann gegeben, wenn ein Ausscheren erkannt wird, d.h., wenn ein vorausfahrendes Fahrzeug den Fahrkorridor verlässt oder wenn das vorausfahrende Fahrzeug sich weniger als $0,5 \text{ m}$ in dem Fahrkorridor befindet. Eine Beendigung der Fahrsituation Folgen bei Ausscheren ist vorzugsweise dann gegeben, wenn die Relativgeschwindigkeit zu dem neuen vorausfahrenden Fahrzeug kleiner als $\pm 0,5 \text{ m/s}$ ist, oder, wenn kein Fahrzeug vorausfährt, die gewünschte Fahrzeuggeschwindigkeit V_{x1} des geführten Fahrzeugs erreicht wird. Der Korrekturwert KW der Korrekturfunktion steigt mit abnehmender Reaktionszeit bei der Fahrsituation Folgen beim

Ausscheren an, wenn andere gegebenenfalls relevante Parameter außer Acht gelassen werden.

Eine weitere mögliche Fahrsituation der Abstandskontrolle ist vorzugsweise die Beschleunigung bei freier Bahn mit den Parametern Reaktionszeit, gewünschte Geschwindigkeit, Chassis-Beschleunigung, erwartete Chassis-Beschleunigung, Fahrzeuggeschwindigkeit v_{x1} , insbesondere der Mittelwert in einem Zeitintervall, das Verhältnis von Fahrkorridor zu Fahrspurbreite B_f , insbesondere der Mittelwert in einem Zeitintervall und die Belegtheit des Fahrkorridors.

Eine weitere mögliche Fahrsituation der Abstandskontrolle ist vorzugsweise die Objekterfassung mit den Parametern Erfassungsdauer für ein Objekt, Fahrkorridor, relevante Objekte im Fahrkorridor und Verlieren des Objekts. Ein Vorliegen der Fahrsituation Objekterfassung ist vorzugsweise dann gegeben, wenn ein Objekt mit mehr als 0,5 m Breite in den Fahrkorridor eintritt. Eine Beendigung der Fahrsituation Objekterfassung ist vorzugsweise dann gegeben, wenn eine Reaktion des erfindungsgemäßen Systems, erfasst wird, insbesondere wenn eine Bremsung oder eine Beschleunigung größer als $0,5 \text{ m/s}^2$ ist. Der Korrekturwert KW nimmt bei der Objekterfassung mit sinkender Reaktionszeit t_{reac} ab, wenn andere gegebenenfalls relevante Parameter außer Acht gelassen werden.

Für das Fahrerassistenzsystem A Fahrspurassistent werden für die Fahrsituation normale Fahrt ohne Fahrspurwechsel vorzugsweise folgende Kriterien zur Charakterisierung der Außenwahrnehmung durch zumindest einen Insassen mit den jeweils genannten Parametern ermittelt: Spurtreue mit den Parametern Abstand der Querabweichung, d.h. der Abstand von der Fahrzeugmitte M_v zur Fahrspurmitte M_f , insbesondere als Maximalabstand oder Mittelwert über ein Zeitintervall, die Fahrzeuggeschwindigkeit v_{x1} , insbesondere als Mittelwert und/oder die Fahrspurbreite D_{trans} , insbesondere als Mittelwert, Minimalwert oder Maximalwert eines Zeitintervalls. Als weiteres Kriterium wird vorzugsweise die Querregelgüte mit den Parametern Gierwinkelfehler $\Delta\omega$, insbesondere als Mittelwert oder Maximalwert über ein Zeitintervall, Querbeschleunigung des Fahrzeugs a_{y1} , insbesondere als Mittelwert oder Maximalwert über ein Zeitintervall, Fahrspurkrümmung und/oder Fahrzeuggeschwindigkeit v_{x1} , insbesondere als Mittelwert, das Kriterium Abstand links D_l bzw. Abstand rechts D_r mit den Parametern Abstand zur linken und/oder rechten Fahrspurbegrenzung, insbesondere Minimalabstand oder Mittelwert während eines Zeitintervalls, Fahrspurbreite B_f , insbesondere als Mittelwert oder Minimum/Maximum während eines Zeitintervalls, die Querabweichung Q , insbesondere als Mittelwert oder Maximum während eines Zeitintervalls, die Fahrzeugbreite B_v und/oder die Fahrzeuggeschwindigkeit v_{x1} , insbesondere als Mittelwert über ein Zeitintervall.

Die Fig. 11 zeigt die Position der Fahrspurmitte M_f in Bezug auf den linken Fahrspurrand 1 und den rechten Fahrspurrand 2 sowie die Querabweichung Q in Bezug auf eine Bahnkurve bzw.

Trajektorie 4 des Fahrzeugs 5. Das Diagramm aus Fig. 12 zeigt den Einfluss der Querabweichung Q auf den Korrekturwert KW der Korrekturfunktion unter Nichtbeachtung anderer gegebenenfalls relevanter Parameter. In Fig. 13 wird der Gierwinkelfehler $\Delta\omega$ dargestellt, welcher als Winkelabweichung zwischen der Fahrzeuglängsachse 14 und der Bahnkurve bzw. Trajektorie 4 des Fahrzeugs 5 definiert ist. Der Einfluss eines steigenden Gierwinkelfehlers $\Delta\omega$ führt ähnlich zu der in Fig. 12 gezeigten Abhängigkeit zu einer Verringerung des Korrekturwerts KW der Korrekturfunktion, wenn andere gegebenenfalls relevante Parameter außer Acht gelassen werden.

Die Fig. 14 veranschaulicht die Parameter Fahrzeugbreite B_v , Fahrspurbreite B_f und den Abstand D_l zur linken Fahrspurbegrenzung 2. Die Charakterisierung der subjektiven Außenwahrnehmung der Fahrsituation erfolgt hierbei vorzugsweise über den relativen Fahrspurbegrenzungsabstand D_{rel} . Dieser berechnet sich wie folgt, wobei D_{max} der Abstand zur Fahrspurbegrenzung 1, 2 ist, wenn sich das Fahrzeug 5 genau in der Mitte einer Fahrspur befindet:

$$D_{max} = \frac{(B_f - B_v)}{2}$$

$$D_{rel} = \frac{(D_{max} - D_l)}{D_{max}}$$

Der Einfluss eines steigenden relativen Fahrspurbegrenzungsabstand D_{rel} führt ähnlich zu der in Fig. 12 gezeigten Abhängigkeit zu einer Verringerung des Korrekturwerts KW wenn andere gegebenenfalls relevante Parameter außer Acht gelassen werden.

Als weiteres Kriterium wird vorzugsweise die Abschaltschwelle mit den Parametern mittlere oder maximale Querbewegung bei einer Abschaltung des Fahrspurassistenten, dem Lenkwinkel bei einer Abschaltung und/oder dem Lenkmoment bei einer Abschaltung herangezogen.

Als weiteres Kriterium wird vorzugsweise die Ausstiegshäufigkeit des Fahrerassistenzsystems mit den Parametern Spurgüte, d.h. Ausstiege des Fahrspurassistenten durch fehlerhafte Fahrspurerkennung pro Stunde, insbesondere als Mittelwert über ein Zeitintervall und/oder Fahrzeuggeschwindigkeit v_{x1} , insbesondere als Mittelwert über ein Zeitintervall, herangezogen. Als weiteres Kriterium wird vorzugsweise die Sichtgüte mit den Parametern Abstand zum Vorfahrzeug, insbesondere als Mittelwert über ein Zeitintervall, Spurgüte, insbesondere als Mittelwert, und/oder der Fahrspurkrümmung, insbesondere als Mittelwert über ein Zeitintervall herangezogen.

Das erfindungsgemäße System kann bei einem realen Fahrerassistenzsystem A in einem realen Fahrzeug 5 zum Einsatz kommen, welches sich in einer realen Umgebung bewegt.

Vorzugsweise kann das System aber auch zur Optimierung von Fahrerassistenzsystemen A eingesetzt werden, welche in einer virtuellen Realitätsumgebung, in welcher die Fahrzeugparameterfunktion und/oder die Umgebungsparameterfunktion emuliert werden, charakterisiert werden. Schließlich kann auch die Aktivität eines Fahrerassistenzsystems A simuliert werden, um dieses in einem möglichst frühen Entwicklungsstadium charakterisieren zu können.

Figur 15 zeigt den Messaufbau eines erfindungsgemäßen Systems, mithin eine Vorrichtung 6 zur Optimierung eines Fahrerassistenzsystems. Vorzugsweise weist die Vorrichtung eine Schnittstelle 7 zu dem fahrzeuginternen Netzwerk (z.B. CAN) auf, um auf die dortigen Daten Zugriff zu haben. Weiterhin weist die Vorrichtung vorzugsweise eine zentrale Recheneinheit 8 auf, welche ein erstes Modul 9, welches auf der Grundlage eines Umgebungsparameters und/oder eines Fahrzeugparameters einen Fahrsituationskennwert berechnet, welcher eine Fahrsituation des Fahrzeugs charakterisiert, ein zweites Modul 10, welches auf der Grundlage eines Umgebungsparameters und/oder eines Fahrzeugparameters in Abhängigkeit von dem Fahrsituationskennwert einen Steuereingriffskennwert berechnet, und ein drittes Modul 11, welches auf der Grundlage des Steuereingriffskennwert und auf der Grundlage eines Umgebungsparameters und/oder eines Fahrzeugparameters in Abhängigkeit von dem Fahrsituationskennwert einen Korrekturwert KW berechnet, welcher eine subjektive Außenwahrnehmung der Fahrsituation durch zumindest einen Fahrzeuginsassen charakterisiert, aufweist.

Die Bestimmung der Parameter geschieht dabei über eine Reihe von Sensoren, welche vorzugsweise in einer Signalverarbeitungseinrichtung 13a, 13b verarbeitet werden. Als Umgebungssensoren können dabei beispielsweise vorausschauender Radar und rückschauender Radar, insbesondere Nahbereichsradar 12a, Fernbereichsradar 12b und Multi-Mode-Radar 12c, vorausschauender Lidar, rückschauender Lidar, Ultraschallsensor 12d, Infrarotkamera, insbesondere Nah-/Ferninfrarotkamera 12e und Kamera im sichtbaren Spektralbereich bzw. Bildverarbeitungskamera 12f und hochauflösendes GPS eingesetzt werden. Als Fahrzeugsensor können dabei beispielsweise Gyrometer, Geschwindigkeitsmesser, Beschleunigungssensor, hochauflösendes GPS, Vibrationssensor, Höhenmesser, Vermessungseinrichtung, Drehzahlmesser, Drehmomentmesser, Schaltsensor, Tankfüllstandssensor zum Einsatz kommen. Die Sensoren können als Zusatzsensoren vorgesehen werden oder vorzugsweise kann, soweit vorhanden, auf Fahrzeugsensoren und auf Umgebungssensoren zurückgegriffen werden, welche im Fahrzeug serienmäßig verbaut sind.

Die vorzugsweise Anordnung der Radar/Lidar-Sensoren 12a, 12b, 12c, der Ultraschallsensoren 12d, Nah-/Ferninfrarotkamera 12e und einer Stereokamera 12f sind in Fig. 16 dargestellt.

Vorzugsweise wird das erfindungsgemäße System in einem Fahrzeug mit einem Fahrerassistenzsystem A eingesetzt, wobei das Fahrerassistenzsystem A eine Fahrsituation eines Fahrzeugs hinsichtlich zumindest eines Fahrsituationskriteriums, welches in dem Fahrerassistenzsystem A hinterlegt ist, überwacht und, wenn ein Fahrsituationskriterium nicht eingehalten wird, die Fahrsituation mittels einer Steuerkomponente durch zumindest einen Steuereingriff beeinflusst. Nachdem ein Korrekturwert zur Charakterisierung der subjektiven Wahrnehmung auf den zumindest einen Fahrzeuginsassen berechnet wurde kann das erfindungsgemäße System vorzugsweise das Fahrsituationskriterium, welches von dem Fahrerassistenzsystem A zum Steuern des Fahrzeugs verwendet wird, auf der Grundlage des jeweiligen Korrekturwerts KW der Korrekturfunktion verändern, um bei der nächsten ähnlichen oder gleichen Fahrsituation eine optimierte Steuerung durch das Fahrerassistenzsystem A zu gewährleisten. Das erfindungsgemäße System kann hierzu in dem Fahrzeug angeordnet sein, es kann aber auch an einem anderen Ort angeordnet sein, zu welchem eine Datenverbindung von dem Fahrzeug aus einrichtbar ist.

Auch wenn das erfindungsgemäße System im Vorhergehenden anhand der Fahrerassistenzsysteme A Abstandskontrolle und Fahrspurassistent beispielhaft erläutert werden, gelten die allgemeinen Prinzipien für alle Arten von Fahrerassistenzsystemen A, auch wenn die dortigen Kriterien und gemessenen Parameter andere sein sollten.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Optimierung eines Fahrerassistenzsystems, welches die folgenden Arbeitsschritte aufweist:
 - Festlegung wenigstens eines zu optimierenden Fahrerassistenzsystems A;
 - Ermitteln wenigstens einer Fahrzeugparameterfunktion, welche einen Betriebszustand eines Fahrzeugs charakterisiert, und wenigstens einer Umgebungsparameterfunktion, welche die Umgebung des Fahrzeugs charakterisiert;
 - Berechnen wenigstens einer Fahrsituationskennwertfunktion, welche eine Fahrsituationen des Fahrzeugs charakterisiert, und zwar wenigstens auf der Grundlage der wenigstens einen Fahrzeugparameterfunktion und/oder der wenigstens einen Umgebungsparameterfunktion;
 - Berechnen wenigstens einer Steuereingriffskennwertfunktion, welche die Aktivität des Fahrerassistenzsystems A charakterisiert;
 - Berechnen einer Korrekturfunktion, welche von der wenigstens einen Fahrsituationskennwertfunktion abhängt und eine subjektive Wahrnehmung der Fahrsituation durch zumindest einen Fahrzeuginsassen charakterisiert, und zwar wenigstens auf der Grundlage der wenigstens einen Steuereingriffskennwertfunktion und auf der Grundlage der wenigstens einen Fahrzeugparameterfunktion und/oder der wenigstens einen Umgebungsparameterfunktion.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die wenigstens eine Steuereingriffskennwertfunktion von der Fahrsituationskennwertfunktion abhängt und/oder ebenfalls auf der Grundlage der wenigstens einen Fahrzeugparameterfunktion und/oder der wenigstens einen Umgebungsparameterfunktion berechnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die wenigstens eine Steuereingriffskennwertfunktion und/oder die Korrekturfunktion des Weiteren von dem zu charakterisierenden Fahrerassistenzsystem A abhängt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Fahrzeugparameterfunktion ein Tupel von wenigstens einem gemessenen Fahrzeugparameter ist, welche gegebenenfalls von der Zeit abhängt und wobei die

wenigstens eine Umgebungsparameterfunktion ein Tupel von wenigstens einem gemessenen Umgebungsparameter ist, welche gegebenenfalls von der Zeit abhängt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei der Berechnung der Korrekturfunktion und/oder der Steuereingriffskennwertfunktion und bei der Berechnung der Fahrsituationsparameterfunktion zumindest ein Fahrzeugparameter und/oder zumindest ein Umgebungsparameter verschieden ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Korrekturfunktion zusätzlich von Fluktuationen wenigstens eines Fahrzeugparameters, und/oder wenigstens eines Umgebungsparameters und/oder der wenigstens einen Steuereingriffskennwertfunktion abhängt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Steuereingriffskennwertfunktion ein Vorliegen eines Steuereingriffs und/oder eine Intensität eines Steuereingriffs des Fahrerassistenzsystems charakterisiert.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Steuereingriffskennwertfunktion von wenigstens einem Kriterium aus der Gruppe der folgenden Kriterien abhängt: die Abschaltschwelle, die Ausstiegshäufigkeit, die Reaktion auf das Vorausrfahrzeug, die Reaktion auf eine Fahrspurabweichung, die Reaktion auf eine Fahrsituationsänderung, die Reaktion auf eine Abstandsabweichung, die Reaktionszeit, die Ansprechverzögerung und die Erfassungsdauer für ein Objekt des Fahrerassistenzsystems A.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei, wenn sich die wenigstens eine Fahrsituationskennwertfunktion nicht ändert, die Korrekturfunktion jeweils periodisch, insbesondere für ein Zeitintervall von maximal etwa 10s, bevorzugt maximal etwa 5s berechnet wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei, wenn sich die wenigstens eine Fahrsituationskennwertfunktion während eines Zeitintervalls ändert, die Korrekturfunktion für den Zeitraum des vorhergehenden Fahrsituationskennwerts bzw. Fahrsituation seit der letzten periodischen Berechnung berechnet wird und eine periodische Berechnung der Korrekturfunktion für den nachfolgenden Fahrsituationskennwert bzw. Fahrsituation gestartet wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Fahrsituationskennwertfunktion als Kennwert zumindest eine Fahrsituation aus der Gruppe folgender Fahrsituationen annehmen kann: Folgen bei konstanter Geschwindigkeit, Folgen bei Beschleunigung, Folgen bei Verlangsamen/Bremsen,

Folgen bis Fahrzeugstopp, Folgen ab Losfahren, Folgen bei Einscheren, Folgen bei Ausscheren, freie Beschleunigung, Objektdetektion, freies Fahren, Spurhalten, Spurwechsel, Überholen, Überholt werden, Stau, Stop&Go Verkehr und vorwärts oder rückwärts Einparken.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches des weiteren folgenden Arbeitsschritt aufweist:
 - Korrigieren wenigstens eines Fahrsituationskriteriums, welches von dem Fahrerassistenzsystem A zum Steuern des Fahrzeugs verwendet wird, auf der Grundlage des Korrekturwerts der Korrekturfunktion.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die subjektive Wahrnehmung die Fahrqualität des Fahrerassistenzsystems A, und/oder die Fahrsicherheit und/oder die Beanspruchung des Fahrzeugs und/oder die Fahrbarkeit des Fahrzeugs bei Einsatz des Fahrerassistenzsystems A betrifft.
14. Verfahren nach Anspruch nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches des weiteren folgenden Arbeitsschritt aufweist:
 - Vorgeben einer Umgebung der virtuellen Realität, in welcher die wenigstens eine Fahrzeugparameterfunktion und/oder die wenigstens eine Umgebungsparameterfunktion und/oder das Fahrerassistenzsystem A emuliert werden.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Fahrzeugparameterfunktion zumindest einen Fahrzeugparameter aus der Gruppe umfassend die Fahrgeschwindigkeit, die Gierwinkelgeschwindigkeit, der Lenkwinkel, die Längsbeschleunigung, die Querbeschleunigung, die Vertikalbeschleunigung, die Gaspedalstellung, die Bremspedalstellung, die Motordrehzahl, die Drosselklappenstellung, die Gangstufe und der Einschaltzustand des Fahrerassistenzsystems A aufweist.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Umgebungsparameterfunktion zumindest einen Fahrzeugparameter aus der Gruppe umfassend den Abstand zu zumindest einem anderen Fahrzeug, insbesondere dem Vorderfahrzeug, die Querposition zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, die Längsposition zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, die Relativgeschwindigkeit zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, die

Relativbeschleunigung zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, die Breite zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, die Art zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, die Klasse zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, die Anzahl der Fahrspuren, der Fahrbahnverlauf, der eigene Fahrkorridor bzw. der eigene vorausberechneten Fahrtrajektorie, die Art der Fahrspurbegrenzung, die Breite der Fahrspurbegrenzung, die Krümmung der Fahrbahn, der Gierwinkelfehler, die Fahrspurbreite, die Fahrbahnbreite, die Querabweichung, der Abstand zur linken und/oder rechten Fahrspurbegrenzung, der minimale Abstand zur linken und/oder rechten Fahrspurbegrenzung während eines Fahrzyklus und die Sichtgüte aufweist.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Fahrzeuginsasse der Fahrer, und/oder der Beifahrer und/oder ein Mitfahrer auf dem Rücksitz des Fahrzeugs ist.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Berechnung der jeweils wenigstens einen Kennwertfunktionen und der Korrekturfunktion während und/oder nach einer Fahrt und/oder einer Simulation des Fahrzeugs durchgeführt werden.
19. Computerprogramm, das Anweisungen umfasst, welche, wenn sie von einem Computer ausgeführt werden, diesen dazu veranlassen, die Schritte eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18 ausführen.
20. Computerlesbares Medium, auf welchem ein Computerprogramm gemäß Anspruch 19 gespeichert ist.
21. Vorrichtung zur Optimierung eines Fahrerassistenzsystems, aufweisend:
 - mindestens einen Umgebungssensor zur Messung jeweils eines Umgebungsparameters, welcher die Umgebung des Fahrzeugs charakterisiert;
 - mindestens einen Fahrzeugsensor zur Messung jeweils eines Fahrzeugparameters, welcher einen Betriebszustand eines Fahrzeugs charakterisiert,
 - ein erstes Modul, welches auf der Grundlage wenigstens eines Umgebungsparameters und/oder eines Fahrzeugparameters einen Fahrsituationskennwert berechnet, welcher eine Fahrsituation des Fahrzeugs charakterisiert,

ein zweites Modul, welches auf der Grundlage wenigstens eines Umgebungsparameters und/oder eines Fahrzeugparameters in Abhängigkeit von dem Fahrsituationskennwert einen Steuereingriffskennwert berechnet,

ein drittes Modul, welches auf der Grundlage des Steuereingriffskennwerts und auf der Grundlage des wenigstens einen Umgebungsparameters und/oder des wenigstens einen Fahrzeugparameters in Abhängigkeit von dem Fahrsituationskennwert einen Korrekturwert (KW) berechnet, welcher eine subjektive Außenwahrnehmung der Fahrsituation durch zumindest einen Fahrzeuginsassen charakterisiert.

22. Vorrichtung nach Anspruch 20, wobei der wenigstens eine Umgebungssensor aus der Gruppe vorausschauender Radar und rückschauender Radar, insbesondere Nahbereichsradar, Fernbereichsradar und Multi-Mode-Radar, vorausschauender Lidar, rückschauender Lidar, Ultraschallsensor, Infrarotkamera, insbesondere Nah-/Ferninfrarotkamera und Kamera im sichtbaren Spektralbereich bzw. Bildverarbeitungskamera, hochauflösendes GPS ausgewählt ist.
23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, wobei der wenigstens eine Fahrzeugsensor aus der Gruppe Gyrometer, Geschwindigkeitsmesser, Beschleunigungssensor, normal- oder hochauflösendes GPS, Vibrationssensor, Höhenmesser, Vermessungseinrichtung, Drehzahlmesser, Drosselklappenstellungsmesser, Drehmomentmesser, Schaltsensor, Tankfüllstandssensor ausgewählt ist.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 23, welche auf Daten aus wenigstens einem fahrzeuginternen Netzwerk, insbesondere dem CAN, Zugriff hat.
25. Vorrichtung nach Anspruch 24, wobei, soweit vorhanden, Fahrzeugsensoren und Umgebungssensoren benutzt werden, welche im Fahrzeug serienmäßig verbaut sind.
26. Fahrzeug mit einem Fahrerassistenzsystem, welches eine Fahrsituation eines Fahrzeugs hinsichtlich zumindest eines Fahrsituationskriteriums überwacht und, wenn ein Fahrsituationskriterium nicht eingehalten wird, die Fahrsituation mittels einer Steuerkomponente durch zumindest einen Steuereingriff beeinflusst, und einer Vorrichtung zur Optimierung des Fahrerassistenzsystems nach einem der Ansprüche 21 bis 25.

2013 09 05

Bt

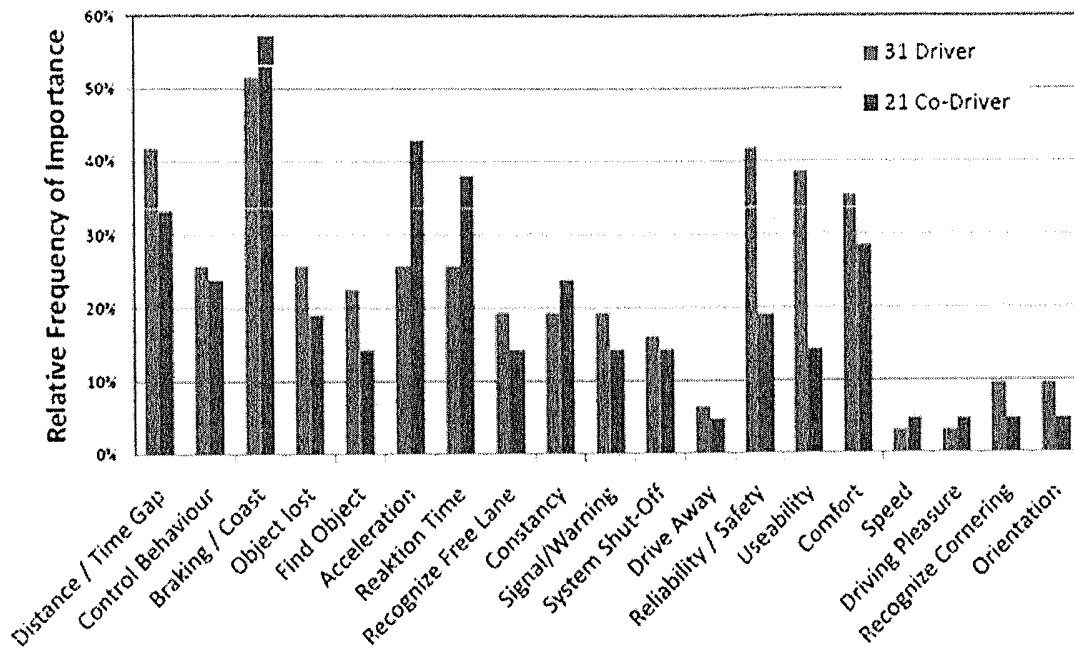


Fig. 1

Model Training: Off Line Network Training

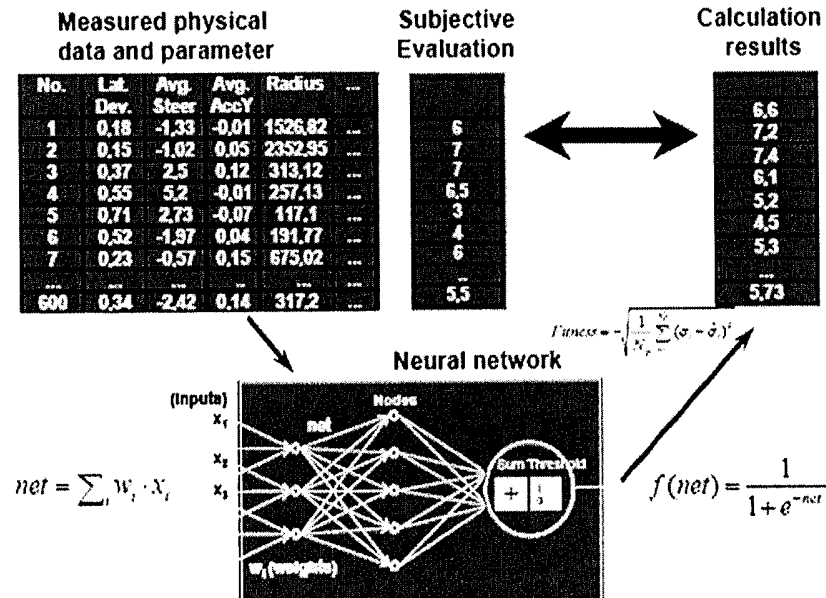


Fig. 2

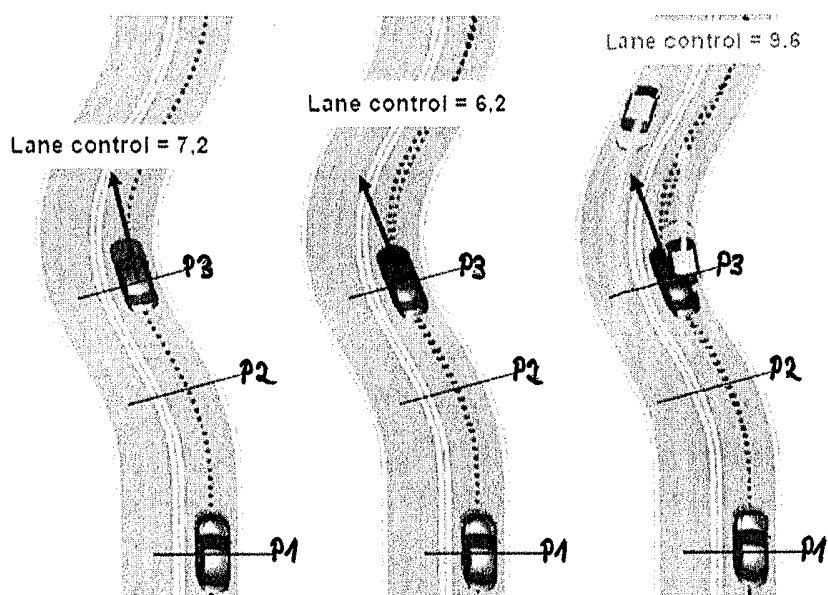


Fig. 3

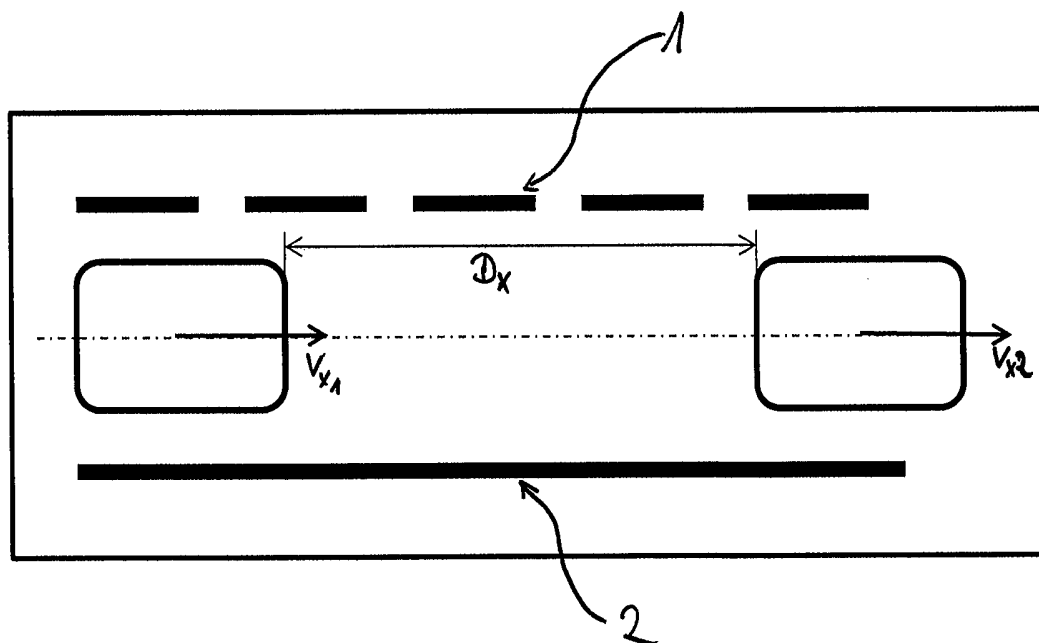


Fig. 4

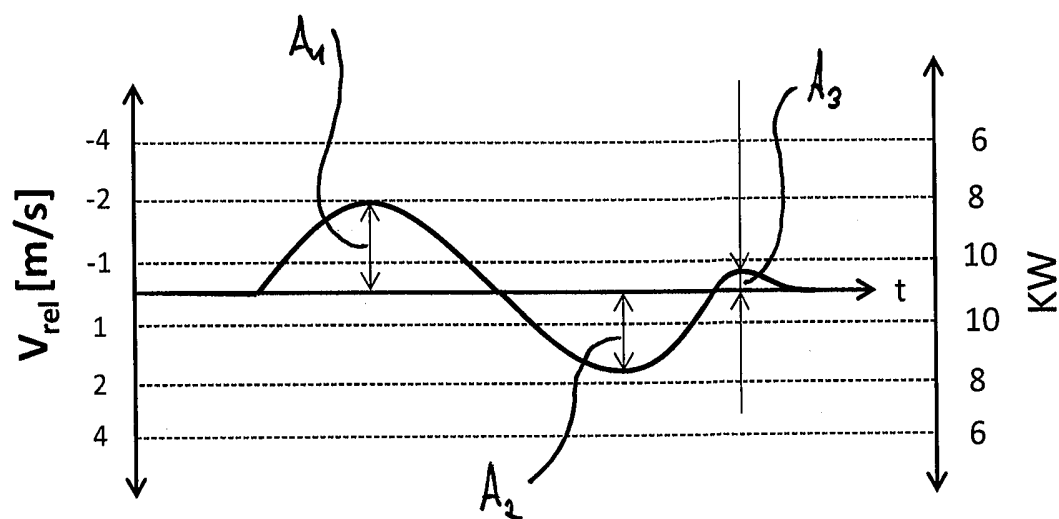


Fig. 5

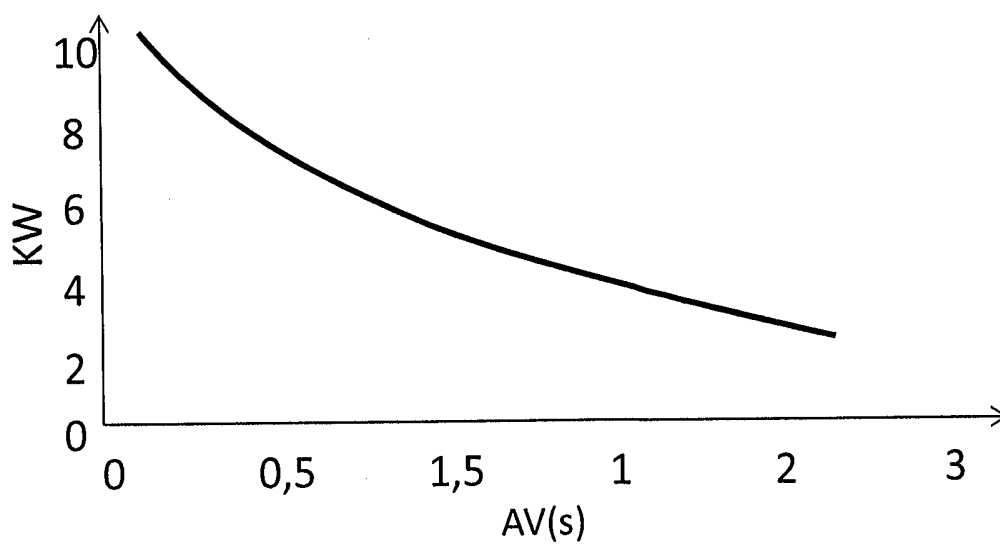


Fig. 6

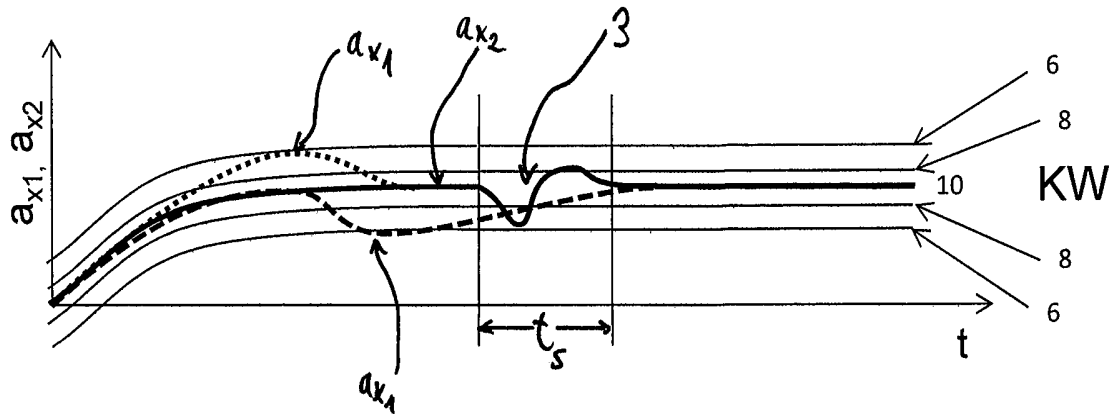


Fig. 7

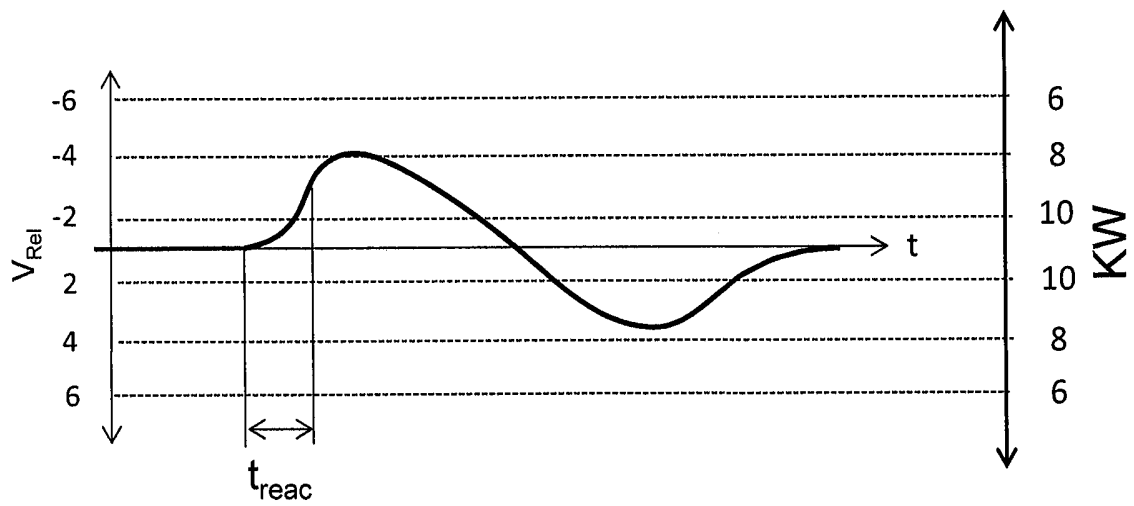


Fig. 8

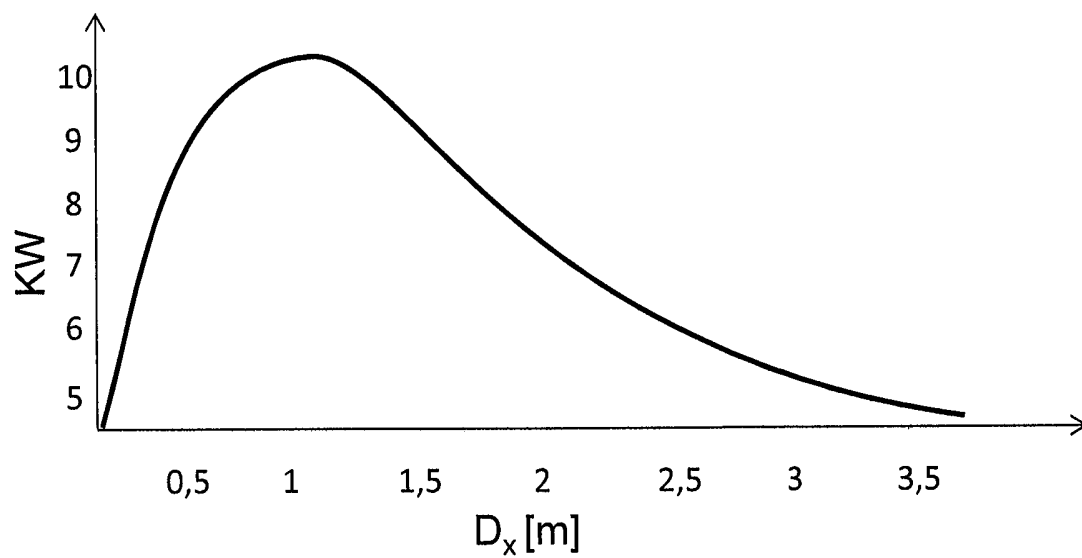


Fig. 9

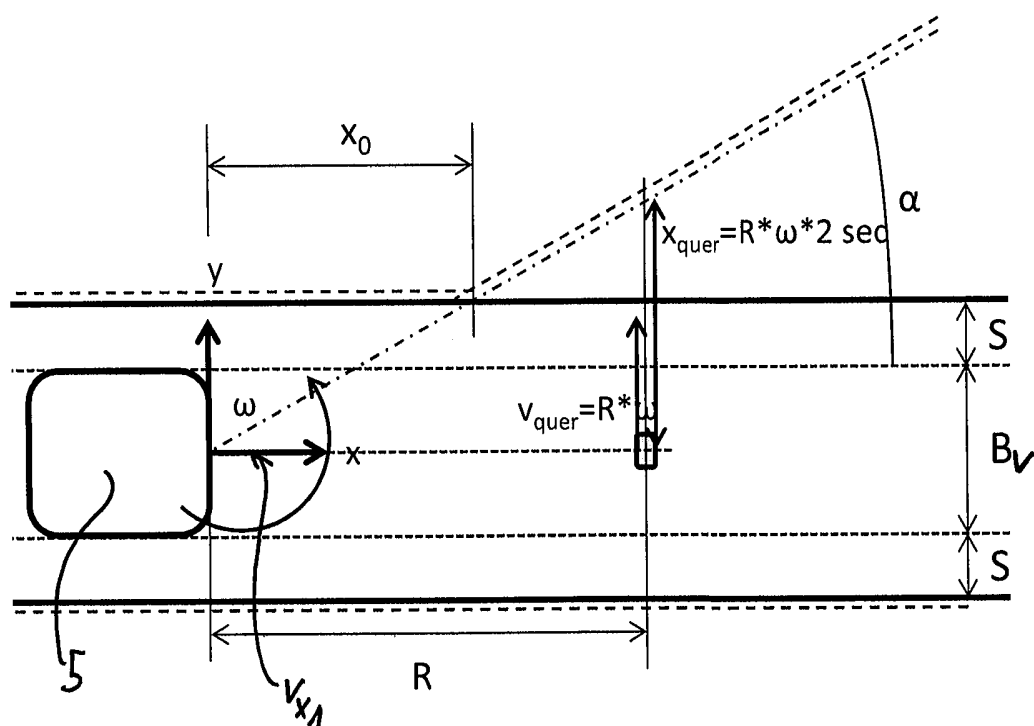


Fig. 10

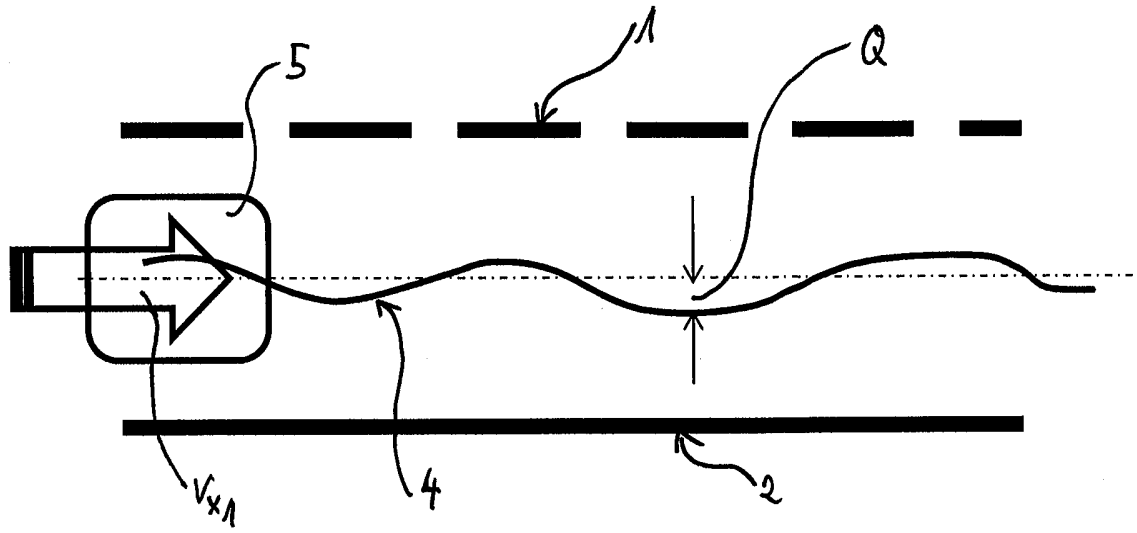


Fig. 11

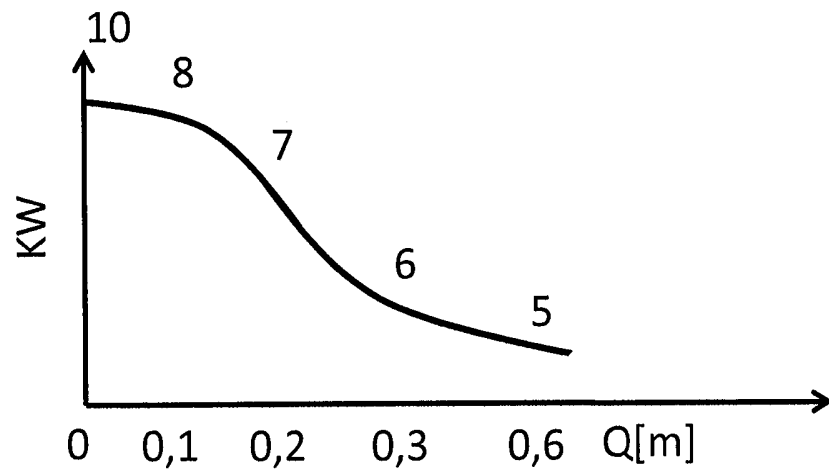


Fig. 12

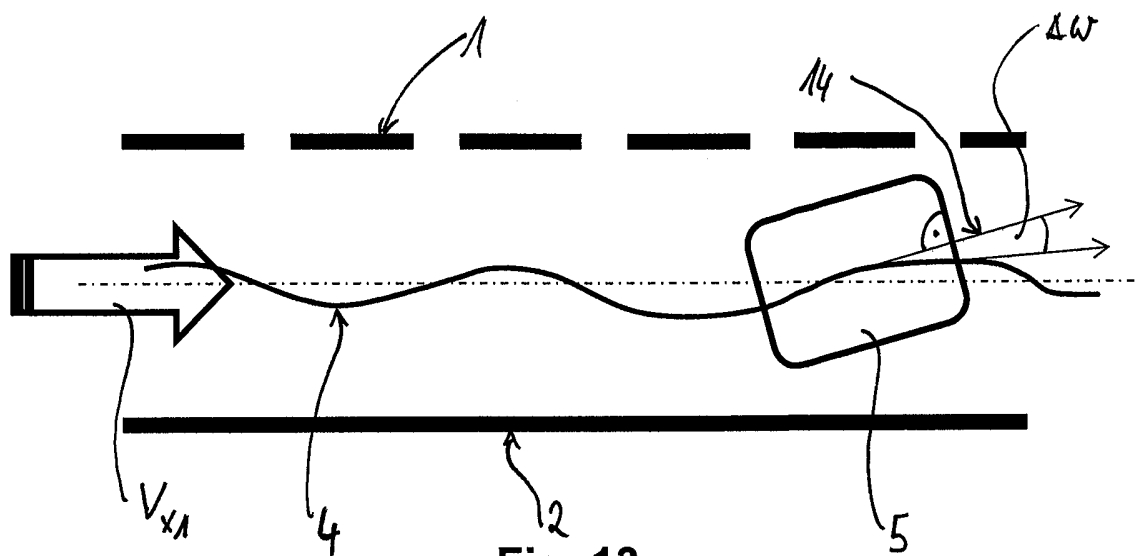


Fig. 13

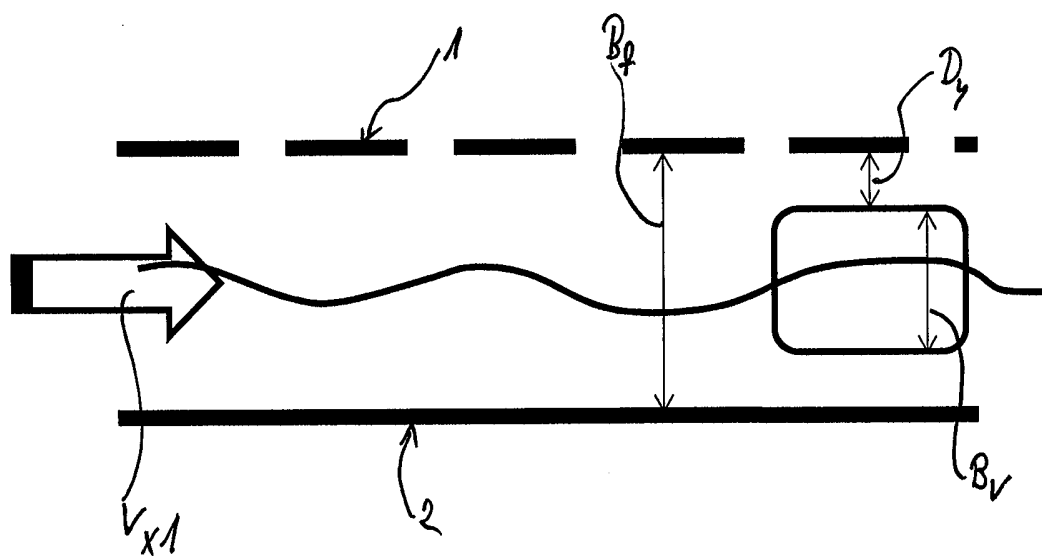
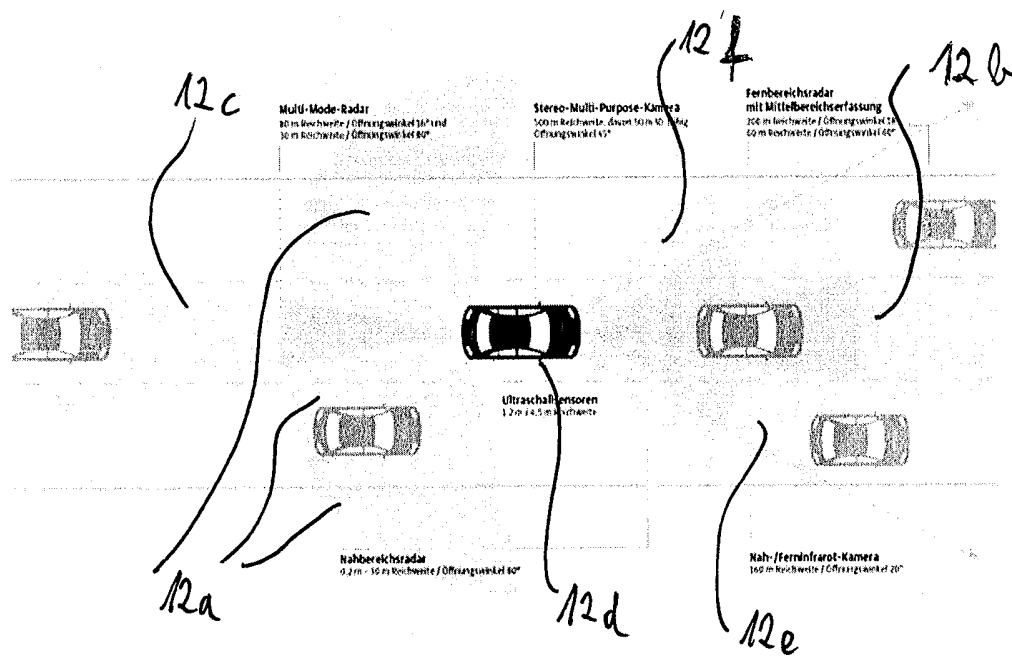
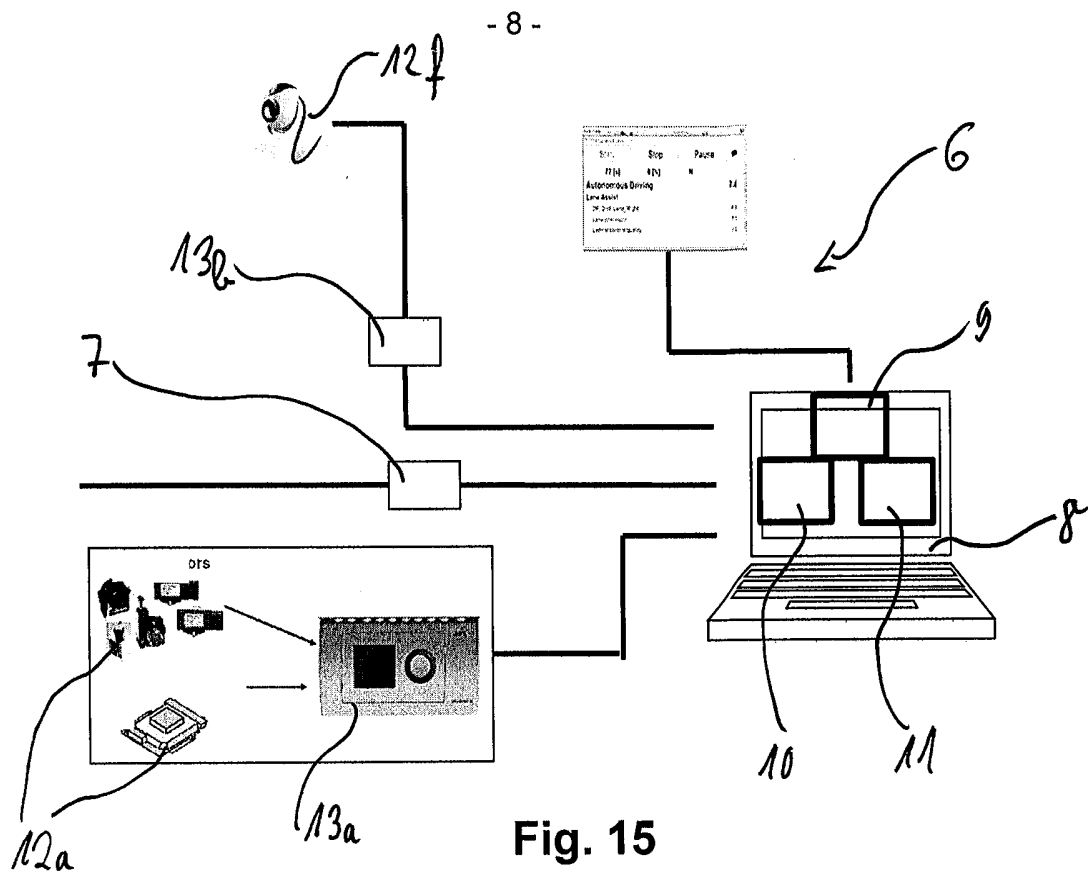


Fig. 14



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
B60W 50/06 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
B60W 50/06 (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
B60W

Konsultierte Online-Datenbank:

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **05.09.2013** eingereichten Ansprüchen **1 bis 26** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 102009028767 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 24. Februar 2011 (24.02.2011) gesamte Druckschrift	1 bis 26
X	DE 102010029922 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15. Dezember 2011 (15.12.2011) gesamte Druckschrift	1 bis 26
X	DE 102008002699 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 31. Dezember 2009 (31.12.2009) gesamte Druckschrift	21 bis 26
X	DE 102007043910 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 26. März 2009 (26.03.2009) gesamte Druckschrift	21 bis 26
X	DE 4328747 A1 (NIPPON DENSO CO [JP]) 17. März 1994 (17.03.1994) gesamte Druckschrift	21 bis 26
X	WO 2004045895 A1 (LUCAS AUTOMOTIVE GMBH [DE], SCHROEDER MARKO [DE]) 03. Juni 2004 (03.06.2004) gesamte Druckschrift	21 bis 26
X	DE 4200694 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15. Juli 1993 (15.07.1993) gesamte Druckschrift	21 bis 26
X	DE 19614061 A1 (NIPPON DENSO CO [JP]) 10. Oktober 1996 (10.10.1996) gesamte Druckschrift	21 bis 26

Datum der Beendigung der Recherche:
19.05.2014

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

WEISZ Andreas

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

X Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungs-
gegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf
erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.

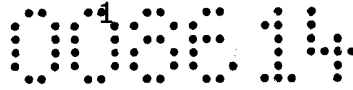
Y Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht
als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die
Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen
dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für
einen Fachmann naheliegend** ist.

A Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.

P Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach
dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.

E Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem
ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch
nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage
stellen).

& Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.



(n e u e) P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Optimierung eines Fahrerassistenzsystems, welches die folgenden Arbeitsschritte aufweist:
 - Festlegung wenigstens eines zu optimierenden Fahrerassistenzsystems A;
 - Ermitteln wenigstens einer Fahrzeugparameterfunktion, welche einen Betriebszustand eines Fahrzeugs charakterisiert, und wenigstens einer Umgebungsparameterfunktion, welche die Umgebung des Fahrzeugs charakterisiert; und
 - Berechnen wenigstens einer Fahrsituationskennwertfunktion, welche eine Fahrsituationen des Fahrzeugs charakterisiert, und zwar wenigstens auf der Grundlage der wenigstens einen Fahrzeugparameterfunktion und/oder der wenigstens einen Umgebungsparameterfunktion;
gekennzeichnet durch
 - Ermitteln wenigstens einer Steuereingriffskennwertfunktion, welche die Aktivität des Fahrerassistenzsystems A charakterisiert; und
 - Berechnen einer Korrekturfunktion, welche von der wenigstens einen Steuereingriffskennwertfunktion und der wenigstens einen Fahrsituationskennwertfunktion abhängt und geeignet ist, eine subjektive Wahrnehmung der Fahrsituation durch zumindest einen Fahrzeuginsassen zu charakterisieren, auf der Grundlage der wenigstens einen Fahrzeugparameterfunktion und/oder der wenigstens einen Umgebungsparameterfunktion.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die wenigstens eine Steuereingriffskennwertfunktion auf der Grundlage der wenigstens einen Fahrzeugparameterfunktion und/oder der wenigstens einen Umgebungsparameterfunktion berechnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die wenigstens eine Steuereingriffskennwertfunktion und/oder die Korrekturfunktion des Weiteren von dem zu charakterisierenden Fahrerassistenzsystem A abhängt.

ändert, die Korrekturfunktion für den Zeitraum des vorhergehenden Fahrsituationskennwerts bzw. Fahrsituation seit der letzten periodischen Berechnung berechnet wird und eine periodische Berechnung der Korrekturfunktion für den nachfolgenden Fahrsituationskennwert bzw. Fahrsituation gestartet wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Fahrsituationskennwertfunktion als Kennwert zumindest eine Fahrsituation aus der Gruppe folgender Fahrsituationen annehmen kann: Folgen bei konstanter Geschwindigkeit, Folgen bei Beschleunigung, Folgen bei Verlangsamen/Bremsen, Folgen bis Fahrzeugstopp, Folgen ab Losfahren, Folgen bei Einscheren, Folgen bei Ausscheren, freie Beschleunigung, Objektdetektion, freies Fahren, Spurhalten, Spurwechsel, Überholen, Überholt werden, Stau, Stop&Go Verkehr, vorwärts Einparken und rückwärts Einparken.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches des weiteren folgenden Arbeitsschritt aufweist:
 - Korrigieren wenigstens eines Fahrsituationskriteriums, welches von dem Fahrerassistenzsystem A zum Steuern des Fahrzeugs verwendet wird, auf der Grundlage des Korrekturwerts der Korrekturfunktion.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die subjektive Wahrnehmung die Fahrqualität des Fahrerassistenzsystems A, und/oder die Fahrsicherheit und/oder die Beanspruchung des Fahrzeugs und/oder die Fahrbarkeit des Fahrzeugs bei Einsatz des Fahrerassistenzsystems A betrifft.
14. Verfahren nach Anspruch nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches des weiteren folgenden Arbeitsschritt aufweist:
 - Vorgeben einer Umgebung der virtuellen Realität, in welcher die wenigstens eine Fahrzeugparameterfunktion und/oder die wenigstens eine Umgebungsparameterfunktion und/oder das Fahrerassistenzsystem A emuliert werden.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Fahrzeugparameterfunktion zumindest einen Fahrzeugparameter aus der Gruppe umfassend Fahrgeschwindigkeit, Gierwinkelgeschwindigkeit,



Lenkwinkel, Längsbeschleunigung, Querbewegung, Vertikalbeschleunigung, Gaspedalstellung, Bremspedalstellung, Motordrehzahl, Drosselklappenstellung, Gangstufe und Einschaltzustand des Fahrerassistenzsystems A aufweist.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die wenigstens eine Umgebungsparameterfunktion zumindest einen Fahrzeugparameter aus der Gruppe umfassend Abstand zu zumindest einem anderen Fahrzeug, insbesondere dem Vorderfahrzeug, Querposition zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, Längsposition zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, Relativgeschwindigkeit zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, Relativbeschleunigung zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, gegenüber dem eigenen Fahrzeug, Breite zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, Art zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, Klasse zumindest eines anderen Fahrzeugs, insbesondere des Vorderfahrzeugs, Anzahl der Fahrspuren, Fahrbahnverlauf, eigener Fahrkorridor bzw. eigene vorausberechnete Fahrtrajektorie, Art der Fahrspurbegrenzung, Breite der Fahrspurbegrenzung, Krümmung der Fahrbahn, Gierwinkelfehler, Fahrspurbreite, Fahrbahnbreite, Querabweichung, Abstand zur linken und/oder rechten Fahrspurbegrenzung, minimale Abstand zur linken und/oder rechten Fahrspurbegrenzung während eines Fahrzyklus und Sichtgüte aufweist.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Fahrzeuginsasse der Fahrer, und/oder der Beifahrer und/oder ein Mitfahrer auf dem Rücksitz des Fahrzeugs ist.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Berechnung der jeweils wenigstens einen Kennwertfunktionen und der Korrekturfunktion während einer Fahrt aus aktuellen Daten (online), nach einer Fahrt, aus aufgezeichneten Daten (offline) oder in einer Simulation des Fahrzeugs durchgeführt werden.

19. Computerprogramm, das Anweisungen umfasst, welche, wenn sie von einem Computer ausgeführt werden, diesen dazu veranlassen, die Schritte eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18 ausführen.
20. Computerlesbares Medium, auf welchem ein Computerprogramm gemäß Anspruch 19 gespeichert ist.
21. Vorrichtung zur Optimierung eines Fahrerassistenzsystems, aufweisend:

mindestens einen Umgebungssensor zur Messung jeweils eines Umgebungsparameters, welcher die Umgebung des Fahrzeugs charakterisiert;

mindestens einen Fahrzeugsensor zur Messung jeweils eines Fahrzeugparameters, welcher einen Betriebszustand eines Fahrzeugs charakterisiert, und

ein erstes Modul, welches auf der Grundlage wenigstens eines Umgebungsparameters und/oder eines Fahrzeugparameters einen Fahrsituationskennwert berechnet, welcher eine Fahrsituation des Fahrzeugs charakterisiert,

gekennzeichnet durch

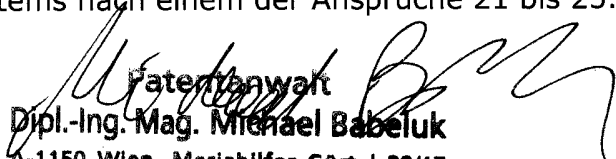
ein zweites Modul, welches auf der Grundlage wenigstens eines Umgebungsparameters und/oder eines Fahrzeugparameters in Abhängigkeit von dem Fahrsituationskennwert einen Steuereingriffskennwert berechnet, und

ein drittes Modul, welches auf der Grundlage auf der Grundlage des wenigstens einen Umgebungsparameters und/oder des wenigstens einen Fahrzeugparameters in Abhängigkeit von dem Steuereingriffskennwert und dem Fahrsituationskennwert einen Korrekturwert (KW) berechnet, welcher eine subjektive Außenwahrnehmung der Fahrsituation durch zumindest einen Fahrzeuginsassen charakterisiert.
22. Vorrichtung nach Anspruch 20, wobei der wenigstens eine Umgebungssensor aus der Gruppe vorausschauender Radar und rückschauender Radar, insbesondere Nahbereichsradar, Fernbereichsradar und Multi-Mode-Radar, vorausschauender Lidar, rückschauender Lidar, Ultraschallsensor,

Infrarotkamera, insbesondere Nah-/Ferninfrarotkamera und Kamera im sichtbaren Spektralbereich bzw. Bildverarbeitungskamera, hochauflösendes GPS ausgewählt ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, wobei der wenigstens eine Fahrzeugsensor aus der Gruppe Gyrometer, Geschwindigkeitsmesser, Beschleunigungssensor, normal- oder hochauflösendes GPS, Vibrationssensor, Höhenmesser, Vermessungseinrichtung, Drehzahlmesser, Drosselklappenstellungsmesser, Drehmomentmesser, Schaltsensor, Tankfüllstandssensor ausgewählt ist.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 23, welche auf Daten aus wenigstens einem fahrzeuginternen Netzwerk, insbesondere dem CAN, Zugriff hat.
25. Vorrichtung nach Anspruch 24, wobei, soweit vorhanden, Fahrzeugsensoren und Umgebungssensoren benutzt werden, welche im Fahrzeug serienmäßig verbaut sind.
26. Fahrzeug mit einem Fahrerassistenzsystem, welches eine Fahrsituation eines Fahrzeugs hinsichtlich zumindest eines Fahrsituationskriteriums überwacht und, wenn ein Fahrsituationskriterium nicht eingehalten wird, die Fahrsituation mittels einer Steuerkomponente durch zumindest einen Steuereingriff beeinflusst, und einer Vorrichtung zur Optimierung des Fahrerassistenzsystems nach einem der Ansprüche 21 bis 25.

2014 12 11
Fu


Patentanwalt
Dipl.-Ing. Mag. Michael Babeluk
A-1150 Wien, Mariahilfer Gürtel 33/17
Tel.: (+43 1) 892 89 33-0 Fax: (+43 1) 892 89 33-1
e-mail: patent@babeluk.at