



(10) **DE 10 2010 006 215 A1** 2011.10.06

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 006 215.4**

(22) Anmeldetag: **29.01.2010**

(43) Offenlegungstag: **06.10.2011**

(51) Int Cl.: **B60T 7/12 (2006.01)**

B60T 7/22 (2006.01)

B60T 8/00 (2006.01)

B60T 8/17 (2006.01)

G08G 1/16 (2006.01)

B60W 30/08 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,
80809, München, DE**

(72) Erfinder:

**Reinisch, Philipp, 81549, München, DE; Zahn,
Peter, Dr., 82211, Herrsching, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 102008040241 A1

DE 102008016377 A1

DE 102007027644 A1

DE 197 38 611 A1

DE 103 19 700 A1

DE 601 26 398 T2

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum automatischen Abbremsen eines Fahrzeugs zur Kollisionsvermeidung oder Kollisionsfolgenminderung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum automatischen Abbremsen eines Fahrzeugs zur Kollisionsvermeidung oder Kollisionsfolgenminderung mit einem detektierten Kollisionsobjekt, wobei zu einem ermittelten Eingriffszeitpunkt ein Bremssystem des Fahrzeugs automatisch derart angesteuert wird, dass eine Kollision mit dem detektierten Kollisionsobjekt vermieden oder zumindest die Kollisionsfolgen gemindert werden können, wobei der Eingriffszeitpunkt in Abhängigkeit vom Erkennen oder Vermuten eines vom Fahrer vorgenommenen Ausweich- oder Überholvorgangs festgelegt wird. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass ein Ausweich- oder Überholvorgang in Abhängigkeit von einem Maß für die Relativbewegung des Fahrzeugs zum detektierten Kollisionsobjekt in Längsrichtung und einem Maß für die Relativbewegung in Querrichtung und Vergleich der beiden Maße erkannt oder vermutet wird.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum automatischen Abbremsen eines Fahrzeugs zur Kollisionsvermeidung oder Kollisionsfolgenminderung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Moderne Fahrerassistenzsysteme sind in der Lage, eine unmittelbar bevorstehende Kollision durch eine autonom initiierte Vollbremsung vollständig zu vermeiden oder zumindest die Kollisionsfolgen zu minimieren. Diese Systeme erfassen mit geeigneter Sensorik (Radar, Lidar, Bildverarbeitung) oder durch Auswertung von Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation das Fahrzeugumfeld und ermitteln mögliche Kollisionsobjekte. Steht eine Kollision bevor, wird zu einem bestimmten Eingriffszeitpunkt eine Vollverzögerung eingeleitet.

[0003] Mit zunehmender Relativgeschwindigkeit zwischen dem Egofahrzeug und dem potentiellen Kollisionspartner steigt der für diese Bremsung notwendige Weg quadratisch an. Da im Vergleich dazu der Abstand für ein knappes Überholmanöver oder Ausweichmanöver nur linear mit der Geschwindigkeit wächst, ist bei höheren Differenzgeschwindigkeiten ein Überholen oder Ausweichen noch möglich, nachdem der Zeitpunkt für eine kollisionsvermeidende Bremsung bereits überschritten wurde. Dieses so genannte Eingriffsdilemma führt zu einem Zielkonflikt bei der Auslegung des Notbremsassistenten. Greift der Assistent bei Erreichen des letztmöglichen Bremszeitpunkts mit einer Vollverzögerung ein, wird die Kollision vermieden – ein Fahrer, der ein knappes Überhol- oder Ausweichmanöver plante, wird durch den Eingriff jedoch überrascht. Um diese subjektiv als fehlerhaft empfundenen Bremsungen zu vermeiden und den Produkthaftungsanforderungen gerecht zu werden, sind die aktuell auf dem Markt befindlichen Systeme so ausgelegt, dass eine Bremsung erst zu dem Zeitpunkt erfolgt, zu dem der Fahrer die Kollision weder durch Bremsen noch durch Überholen oder Ausweichen noch selbständig vermeiden kann („point of no return“). Bei hohen Differenzgeschwindigkeiten führt dies jedoch dazu, dass auch durch die autonome Notbremsung keine Kollisionsvermeidung mehr möglich ist – lediglich die Kollisionsfolgen werden gemindert.

[0004] Aus der DE 601 26 398 T2 ist bereits ein Bremssteuerungssystem mit Systemeingriff bei Objekterkennung bekannt, welches bei einer erkannten Ausweichabsicht des Fahrers einen ansonsten generierten automatischen Bremseneingriff zur Verhinderung einer Kollision mit einem detektierten Kollisionsobjekt unterdrückt.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren zum automatischen Abbremsen eines Fahrzeugs zur Kollisionsvermeidung oder Kollisionsfolgenminderung unter Berücksichtigung eines Überhol- oder Ausweichvorgangs des Fahrers anzugeben, wobei der Überhol- oder Ausweichvorgang schnell und eindeutig erkannt werden soll.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0007] Die Erfindung geht von einem herkömmlichen Verfahren zum automatischen Abbremsen eines Fahrzeugs zur Kollisionsvermeidung oder Kollisionsfolgenminderung mit einem detektierten Kollisionsobjekt aus, wobei zu einem ermittelten Eingriffszeitpunkt ein Bremssystem des Fahrzeugs automatisch derart angesteuert wird, dass eine Kollision mit dem detektierten Kollisionsobjekt vermieden oder zumindest die Kollisionsfolgen gemindert werden können. Um insbesondere bei hohen Differenzgeschwindigkeiten das Problem zu umgehen, dass ein Bremseneingriff bereits erfolgt, obwohl der Fahrer beabsichtigt, dem Kollisionsobjekt auszuweichen bzw. das Kollisionsobjekt zu überholen, wird der Eingriffszeitpunkt unter Berücksichtigung des Erkennens oder Vermutens eines vom Fahrer vorgenommenen Ausweich- oder Überholvorgangs festgelegt.

[0008] Um also den Eingriffszeitpunkt situationsadaptiv festlegen zu können ist wiederum notwendig, einen (wahrscheinlichen) Ausweich- oder Überholvorgang zu erkennen.

[0009] Für die Ausweich- bzw. Überholerkennung werden die Bewegung des Fahrzeugs in Längsrichtung und die Bewegung des Fahrzeugs in Querrichtung miteinander verglichen, d. h. ein Ausweich- oder Überholvorgang wird in Abhängigkeit von einem Maß für die (Relativ-)bewegung des Fahrzeugs zum detektierten Kollisionsobjekts in Längsrichtung und einem Maß für die (Relativ-)bewegung in Querrichtung und einem Vergleich der beiden Maße erkannt oder vermutet.

[0010] Vorteilhafterweise werden beide Maße für die Relativbewegung in Längsrichtung und in Querrichtung jeweils geschwindigkeitsnormiert in Zahlenwerten ausgedrückt. Dadurch lässt sich ein einfacher und schneller Vergleich der beiden Werte ermöglichen.

[0011] Vorteilhafterweise wird als Maß für die Relativbewegung in Längsrichtung die Dauer bis zum Eintreten der Kollision mit dem Kollisionsobjekt – die sog. „time-to-collision (TTC)“ – ermittelt, welche einen geschwindigkeitsnormierten Zahlenwert darstellt. Die Dauer bestimmt in longitudinaler Richtung des Fahrzeugs die Zeitdauer, bis – unter Beibehaltung der momentanen Geschwindigkeit und Beschleunigung – eine Kollision mit dem vorausfahrenden Fahrzeug erfolgt. Zur Berechnung der Zeitdauer kann neben der Relativgeschwindigkeit und dem Abstand zwischen

den beiden Fahrzeugen in Längsrichtung auch die Relativbeschleunigung ausgewertet werden.

[0012] Hochauflösende Sensoren erlauben eine analoge Betrachtung in Querrichtung. Als Maß für die Relativbewegung in Querrichtung wird die Dauer bis zum Eintreten einer Null-Überlappung in Querrichtung des Fahrzeugs mit dem Kollisionsobjekt, also die Zeitdauer, bis die beiden Fahrzeuge keine Querüberlappung mehr aufweisen, ermittelt. Diese Dauer kann analog zu oben durch eine Auswertung der relativen Quergeschwindigkeit sowie des Abstands zum vorausfahrenden Kollisionsobjekts in Querrichtung berechnet werden. Diese Zeitdauer kann auch als sog. „time-to-no-overlap (TNO)“ bezeichnet werden. Auch hierbei gilt die Annahme, dass zum Zeitpunkt der Berechnung die momentane Quergeschwindigkeit als konstant angenommen wird.

[0013] Wie bereits oben erwähnt, kann ein Ausweich- bzw. Überholvorgang durch Vergleich der beiden ermittelten geschwindigkeitsnormierten Zeitdauern TTC und TNO festgestellt werden. Ist die TNO kleiner als die TTC, ist ein Überholmanöver wahrscheinlicher als die drohende Kollision, d. h. ein Ausweich- oder Überholvorgang wird erkannt oder vermutet, wenn die ermittelte Zeitdauer bis zum Eintreten der Kollision zumindest nicht kleiner als die ermittelte Zeitdauer bis zum Eintreten einer Null-Überlappung zwischen dem Fahrzeug und dem Kollisionsobjekt in Querrichtung ist. In diesem Fall sollte der – ggf. doch notwendige – Eingriff in das Bremssystem erst zu einem Zeitpunkt erfolgen, zu dem auch kein Ausweichmanöver mehr möglich ist, da prinzipiell vermutet wird, dass der Fahrer am Kollisionsobjekt vorbeifahren möchte und somit ein zu frühes Eingreifen des Bremssystems störend wirken würde. Ist die ermittelte Zeitdauer bis zum Eintreten der Kollision jedoch kleiner als die ermittelte Zeitdauer bis zum Eintreten einer Null-Überlappung, scheint kein Ausweich- oder Überholmanöver geplant zu sein. Ein kollisionsvermeidender Bremseneingriff zum letztmöglichen Bremszeitpunkt ist notwendig.

[0014] Unter Umständen kann auch dann von einem Ausweich- oder Überholvorgang ausgegangen werden, wenn die TTC kleiner als die TNO ist. Dies ist bspw. dann der Fall, wenn die TNO zwar noch größer als die TTC ist, jedoch tendenziell abnimmt oder einen vorgegebenen Schwellwert unterschreitet. In diesem Fall schert das Fahrzeug zwar mit bislang unzureichender Quergeschwindigkeit hinter dem Kollisionsobjekt aus, es ist jedoch zu erwarten, dass der Fahrer weiter ausschert und einen Ausweich- bzw. Überholvorgang beabsichtigt. Somit kann ein Ausweich- oder Überholvorgang auch dann vermutet werden, wenn die Dauer bis zum Eintreten der Kollision um nicht mehr als einen vorgegebenen Grenzwert kleiner als die Dauer bis zum Eintreten der Null-Überlappung in Querrichtung ist und/oder der Gradient der

Dauer bis zum Eintreten der Null-Überlappung stark negativ ist. Sobald der Fahrer dagegen die Ausscherebewegung zurücknimmt, steigt die TNO wieder an und ein Ausweichmanöver ist unwahrscheinlich.

[0015] Wird nun, wie bereits oben erwähnt, zur Ermittlung der Quer- und Längsbewegung eine hochauflösende Sensorik verwendet, ist eine Gegenüberstellung von longitudinaler und lateraler Bewegung gut möglich und ein Überholmanöver lässt sich aufgrund des vorgeschlagenen Verfahrens gut erkennen.

[0016] Nachfolgend wird nun noch die konkrete Ermittlung des Eingriffszeitpunkts zum automatischen Abbremsen des Fahrzeugs detailliert erläutert. Neben der Berücksichtigung eines vom Fahrer vorzunehmenden Ausweich- bzw. Überholvorgangs sind bei der Ermittlung des Eingriffszeitpunkts auch die Fahrerreaktionszeit bzw. der Endzeitpunkt der Fahrerreaktionszeit und ein ermittelter letztmöglicher Bremszeitpunkt zu berücksichtigen.

[0017] Im realen Straßenverkehr erlebt der Fahrer ständig Ereignisse, auf die er zur Vermeidung einer Kollision reagieren muss – darunter auch die für eine autonome Notbremsung relevanten Anwendungsfälle:

- Eine kontinuierliche Annäherung an ein Vorderfahrzeug,
- ein plötzliches Bremsmanöver eines Vorderfahrzeugs sowie
- ein in die eigene Spur einscherendes Nachbarfahrzeug.

[0018] Obwohl keine Informationen zum subjektiven Fahrerempfinden zur Verfügung stehen, kann mithilfe der Fahrzeugsensorik ein Modell dieser Reaktionsauslöser geschaffen werden. Dazu werden fahrpsychologische Schwellwerte verwendet, die den Übergang von einer als sicher empfundenen Folgefahrt hin zu einer reaktionsbedürftigen Annäherung beschreiben.

[0019] Die kontinuierliche Annäherung an ein Fahrzeug innerhalb der Eigentrajektorie, die in vielen Situationen auch mit hoher Relativgeschwindigkeit erfolgt, lässt sich abstandsunabhängig durch die Zeitdauer bis zur Kollision (time to collision (TTC)) beschreiben. Dabei wird im Stand der Technik ein TTC-Wert von 5 s als Schwelle angesehen, unterhalb derer der Fahrer einen akuten Handlungsbedarf empfindet, die Lücke zwischen Ego- und Fremdfahrzeug wieder zu vergrößern bzw. dem Hindernis durch ein Überholmanöver auszuweichen.

[0020] Dieser Schwellwert lässt sich in einem begrenzten Differenzgeschwindigkeitsbereich auch als Abstandswert angeben. Er setzt sich aus einem konstanten Sicherheitsabstand beim Stillstand sowie ei-

nem geschwindigkeitsabhängigen Wert zusammen. Mit diesem minimalen Folgeabstand können nun die verbleibenden Anwendungsfälle „plötzliche Bremsung“ und „Einscheren“ detektiert werden. Verzögert ein vorausfahrendes Fahrzeug im Folgeverkehr so stark, dass der Fahrer des Egofahrzeugs unter Beibehaltung seines Bewegungszustandes den Sicherheitsabstand unterschreiten würde, ergibt sich ein Handlungsbedarf zur Wiederherstellung des sicheren Fahrzustandes. Dieser Handlungsbedarf ergibt sich ebenfalls, wenn ein Fahrzeug auf der Nachbarspur innerhalb des minimalen Folgeabstandes ein Einschermanöver beginnt.

[0021] Die Reaktionszeit, die nach dem Auftreten des entsprechenden Reaktionsauslösers einsetzt und bis zu dem Zeitpunkt reicht, zu dem die Fahrerreaktion auf dem Fahrzeugbussystem gemessen werden kann, lässt sich mithilfe des so genannten OODA-Wirkkreises modellieren. Dieser repräsentiert die einzelnen Komponenten der menschlichen Entscheidungsfindung: O(bservation, Beobachten), O(rientation, Einordnen), D(ecision, Entscheiden) und A(ct, Handeln).

[0022] Sowohl beim Beobachtungs- als auch beim Handlungsprozess kann man im Durchschnitt aller Fahrer von annähernd konstanten Werten ausgehen. Die Dauer für die reine Wahrnehmung der Situation liegt bei circa 0,2 s, die Ausführung der Handlung – also die Fußbewegung bis zur Pedalbetätigung – aufgrund der häufigen Übung bei circa 0,3 s.

[0023] Im Gegensatz dazu sind die verbleibenden Prozessschritte zum Einordnen sowie zur Entscheidungsbildung abhängig vom auslösenden Ereignis, d. h. die Fahrerreaktionszeit ist in Abhängigkeit von der aktuellen Fahrzeugumgebung und/oder von der Art des Auftretens des Kollisionsobjekts ermittelbar. Unerwartete Auslöser (beispielsweise eine unvorhersehbare starke Bremsung des vorausfahrenden Fahrzeugs) oder Ereignisse mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit führen zu einer längeren Phase der Entscheidungsfindung als erwartete oder häufig auftretende Ereignisse. Zusammen lassen sich diese beiden Prozessschritte als gammaverteilt modellieren.

[0024] Um aus der Gammaverteilung eine Reaktionszeit ableiten zu können, wird das Risiko betrachtet, eine bestimmte Dauer zu überschreiten. Dazu wird die kumulierte Gammaverteilung von eins abgezogen. Ein Risiko von 20% bedeutet dementsprechend, dass in der betrachteten Untersuchung 80% der Fahrer weniger oder genau die resultierende Dauer zur Reaktion auf das auslösende Ereignis benötigen.

[0025] Zusätzlich zur Abhängigkeit vom auslösenden Ereignis bzw. von der Art des Auftretens des Kollisionsobjekts verlängert sich die aus dem OODA-

Wirkkreis resultierende Reaktionszeit, sofern dem Fahrer mehrere Handlungsalternativen zur Verfügung stehen. Da die einzelnen Eintrittswahrscheinlichkeiten der Handlungsalternativen a priori unbekannt sind, werden sie als gleichverteilt angenommen.

[0026] Für den Anwendungsfall der aktiven Gefahrenbremsung bedeutet dies, dass neben der Möglichkeit des Bremsens auch die Durchführbarkeit eines Ausweich- bzw. Überholmanövers überprüft werden muss. Dazu wird bspw. der Bereich neben dem Fahrzeug in jeweils drei Teilbereiche aufgeteilt: hinter dem Egofahrzeug, seitlich auf Höhe des Egofahrzeugs sowie vor dem Egofahrzeug. Für alle Bereiche wird ein Spurwechsel-relevanter Wert berechnet und in einer Vergleichsfunktion auf einen Faktor zwischen 0 (Spurwechsel nicht durchführbar) und 1 (Spurwechsel sicher durchführbar) normiert. Das Minimum der drei Faktoren bestimmt die globale Spurweldurchführbarkeit. Wird ein definierter Schwellwert für das Minimum überschritten, wird von der Realisierbarkeit eines Spurwechsels in die entsprechende Richtung ausgegangen.

[0027] Im Heckbereich wird die notwendige Verzögerung für ein sich annäherndes Fahrzeug im Falle eines Spurwechsels des Egofahrzeugs als Spurwechselrelevanter Wert berechnet. Im Frontbereich wird die notwendige Verzögerung für das Egofahrzeug analysiert, sollte es einen Spurwechsel durchführen und die Zielspur bereits durch ein Fremdfahrzeug belegt sein. Im Seitenbereich wird der zur Durchführung des Spurwechsels benötigte Platz ausgewertet. Die Spurweldurchführbarkeit ergibt sich dann aus dem Verhältnis zwischen der notwendigen und der zumutbaren Verzögerung (Heck- und Frontbereich) beziehungsweise zwischen dem benötigten und dem zur Verfügung stehenden Platz im Seitenbereich.

[0028] Da insbesondere unter der Voraussetzung, dass bei einem detektierten Kollisionsobjekt der Fahrer ggf. noch überholen oder ausweichen kann, der letztmögliche Ausweichzeitpunkt bei der Ermittlung des Eingriffszeitpunkts berücksichtigt werden muss, ist auch dieser zu bei der Ermittlung des Eingriffszeitpunkts zu berücksichtigen.

[0029] Zur Ermittlung des letztmöglichen Ausweichzeitpunkts bzw. des notwendigen Abstands für ein knappes Überholmanöver wird bspw. eine Überholparabel mit einer angenommenen Querbeschleunigung in den freien Bereich zwischen Egofahrzeug und dem potentiellen Kollisionsobjekt gelegt. Der für das Überhol- oder Ausweichmanöver notwendige Abstand in Längsrichtung ergibt sich dann in Abhängigkeit der momentanen Relativgeschwindigkeit, sowie des zu überwindenden lateralen Abstands. Dieser besteht aus den Objektbreiten von Ego- und

Fremdfahrzeug sowie der aktuellen Objektposition. Da bei geringen Geschwindigkeiten nicht von einer maximalen Querschleunigung ausgegangen werden kann, wird die Querschleunigung geschwindigkeitsabhängig adaptiert.

[0030] Unter Berücksichtigung des Endzeitpunkts der ermittelten Fahrerreaktion, einem ermittelten letztmöglichen Bremszeitpunkt und dem ermittelten letztmöglichen Ausweichzeitpunkt lässt sich die Situation zum Ende der Reaktionszeit bewerten und somit zumindest ein vorläufiger Eingriffszeitpunkt für einen autonomen Bremseingriff ermitteln. Dazu wird zunächst den drei möglichen Reaktionsauslösern die entsprechende Reaktionszeit zugeordnet. Eine kontinuierliche Annäherung an ein Vorderfahrzeug wird dabei als erwartetes, eine plötzliche Bremsung beziehungsweise ein einscherendes Fahrzeug als unerwartetes Ereignis gewertet. Zieht man zum Zeitpunkt des Eintretens des Reaktionsbedarfs die entsprechende Reaktionsdauer von der Zeit bis zur Kollision (TTC) ab, lässt sich der ermittelte Wert – also die zur Kollisionsvermeidung verbleibende Zeit nach der Reaktion – mit den Schwellwerten für eine Bremsung beziehungsweise ein Überhol- oder Ausweichmanöver vergleichen.

[0031] Im Falle von niedrigen Differenzgeschwindigkeiten (d. h. hier liegt der letztmögliche Ausweichzeitpunkt zeitlich gesehen vor dem letztmöglichen Bremszeitpunkt) kann stets der letztmögliche Bremszeitpunkt als Eingriffszeitpunkt verwendet werden, da dem Fahrer keine andere Alternative zur Kollisionsvermeidung bleibt.

[0032] Im Falle von hohen Differenzgeschwindigkeiten, bei denen ein Überholen oder Ausweichen noch nach Erreichen des letztmöglichen Bremszeitpunkts möglich ist, ergeben sich jedoch drei mögliche Situationen.

[0033] Für den Fall, dass der ermittelte Endzeitpunkt der Fahrerreaktionszeit zeitlich gesehen vor dem ermittelten letztmöglichen Bremszeitpunkt liegt, kann als vorläufiger Eingriffszeitpunkt demzufolge der letztmögliche Bremszeitpunkt gewählt werden, da im Falle einer selbständigen Kollisionsvermeidung durch den Fahrer eine entsprechende Reaktion bereits vorher vorliegt. Für diesen Fall ist die Unfallvermeidung also stets möglich.

[0034] Beim zweiten Fall wird davon ausgegangen, dass der ermittelte Endzeitpunkt der Fahrerreaktionszeit vor dem ermittelten letztmöglichen Ausweichzeitpunkt und nach dem ermittelten letztmöglichen Bremszeitpunkt eintritt. Da die Wahrscheinlichkeit einer selbständigen Beherrschung der Situation durch den Fahrer sehr viel höher ist als die einer Heckkollision, wird ein Bremseingriff ggf. (d. h. wenn notwendig) erst zum Ende der Reaktionszeit initiiert. Im

ungünstigsten Fall kann dies jedoch bedeuten, dass die Notbremsung nicht mehr zur vollständigen Kollisionsvermeidung ausreicht. Um diesen Konflikt teilweise aufzulösen, wird der normierte Wert zur Beurteilung der Spurwechsellmöglichkeit aus der Reaktionszeitabschätzung herangezogen, d. h. der vorläufige Eingriffszeitpunkt wird in diesem Fall in Abhängigkeit von der Durchführbarkeit eines Ausweichmanövers festgelegt. Dabei wird als vorläufiger Eingriffszeitpunkt der letztmögliche Bremszeitpunkt festgelegt, wenn ein Ausweichmanöver nicht durchführbar ist, und nur dann der Endpunkt der Fahrerreaktionszeit, wenn ein Ausweichmanöver sicher durchführbar ist. Ist kein Spurwechsel möglich, erfolgt also eine vollständig kollisionsvermeidende Bremsung.

[0035] Im dritten Fall wird davon ausgegangen, dass der ermittelte Endzeitpunkt der Fahrerreaktionszeit nach dem ermittelten letztmöglichen Bremszeitpunkt und nach dem ermittelten letztmöglichen Ausweichzeitpunkt liegt, wobei der ermittelte letztmögliche Ausweichzeitpunkt nach dem ermittelten letztmöglichen Bremszeitpunkt eintritt. In diesem Fall kann der automatische Bremseingriff bereits zum letztmöglichen Bremszeitpunkt vorgenommen werden, da eine rechtzeitige Reaktion des Fahrers sehr unwahrscheinlich ist.

[0036] Für eine noch bessere Festlegung des Eingriffszeitpunkts des Notbremsassistenten ist neben dem oben Genannten auch wichtig, die tatsächliche Fahrerreaktion zu überprüfen und zu berücksichtigen. Insbesondere sollte dabei die eintretende Fahrerreaktion (z. B. Bremsen oder Überholen) während und/oder nach der ermittelten Fahrerreaktionszeit berücksichtigt werden. Liegt eine Reaktion vor (oder wird sie zumindest vermutet) und ist sie zur selbständigen Kollisionsvermeidung ausreichend bzw. ist das Ausweich- oder Überholmanöver durchführbar, wird der in der Fallunterscheidung ermittelte vorläufige Eingriffszeitpunkt bis zum sog. „point of no return“, also dem ermittelten letztmöglichen Ausweichzeitpunkt hinausgezögert. Obwohl dieser aufgrund der als adäquat erkannten Fahrerreaktion nie erreicht werden sollte, kann er dennoch als Rückfallebene aufrecht erhalten bleiben. Andernfalls wird als Eingriffszeitpunkt der ermittelte vorläufige Eingriffszeitpunkt festgelegt.

[0037] Für die beiden Handlungsoptionen „Bremsen“ und „Überholen“ können jeweils Indikatoren ermittelt werden. Eine Bremswirkung kann sowohl durch das originäre Betätigen des Bremspedals als auch durch den Aufbau von Schleppmoment durch Loslassen des Gaspedals aufgebracht werden. Die Überholreaktion kann durch das Verfahren nach Patentanspruch 1 oder beispielsweise durch Erkennen einer abnehmenden Überlappung zum Frontfahrzeug beziehungsweise durch einen entsprechenden Lenkwinkelverlauf detektiert werden. Um den Ausweich-

bzw. Überholwunsch frühzeitig miteinbeziehen zu können, liegt die Verwendung von Spurwechselmotivationsmodellen nahe. Ein vereinfachter Ansatz dafür stellt die Erkennung der Blinkerbetätigung zum Spurwechsel dar.

[0038] Zur Überprüfung, ob die erkannte Reaktion auch rechtzeitig und adäquat vorliegt, wird im Falle der Bremsung die aufgebrachte Verzögerung mit der zur Vermeidung der Kollision notwendigen Verzögerung verglichen. Diese ist abhängig von der momentanen Relativgeschwindigkeit zwischen Egofahrzeug und Kollisionsobjekt, dem momentanen Abstand zwischen den beiden Fahrzeugen sowie der Verzögerung des Fremdfahrzeugs.

[0039] Im Falle einer vorliegenden Überholintention beziehungsweise -reaktion muss – wie bereits oben erwähnt – auch überprüft werden, ob der Spurwechsel bzw. das Ausweichmanöver durchführbar ist. Dazu kann auf die im Rahmen der Reaktionszeitabschätzung berechnete Beurteilung der Spurwechselmöglichkeit zurückgegriffen werden.

[0040] Unter Berücksichtigung aller Aspekte ist somit eine schnelle und eindeutige Ermittlung des Eingriffszeitpunkts für eine automatische Notbremsung möglich.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 60126398 T2 [[0004](#)]

Patentansprüche

1. Verfahren zum automatischen Abbremsen eines Fahrzeugs zur Kollisionsvermeidung oder Kollisionsfolgenminderung mit einem detektierten Kollisionsobjekt, wobei zu einem ermittelten Eingriffszeitpunkt ein Bremssystem des Fahrzeugs automatisch derart angesteuert wird, dass eine Kollision mit dem detektierten Kollisionsobjekt vermieden oder zumindest die Kollisionsfolgen gemindert werden können, wobei der Eingriffszeitpunkt in Abhängigkeit vom Erkennen oder Vermuten eines vom Fahrer vorgenommenen Ausweich- oder Überholvorgangs festgelegt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Ausweich- oder Überholvorgang in Abhängigkeit von einem Maß für die Relativbewegung des Fahrzeugs zum detektierten Kollisionsobjekt in Längsrichtung und einem Maß für die Relativbewegung in Querrichtung und Vergleich der beiden Maße erkannt oder vermutet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Maß für die Relativbewegung in Längsrichtung und in Querrichtung jeweils in einem geschwindigkeitsnormierten Zeitwert ausgedrückt wird.

3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Maß für die Relativbewegung in Längsrichtung die Dauer bis zum Eintreten der Kollision mit dem Kollisionsobjekt ermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Maß für die Relativbewegung in Querrichtung die Dauer bis zum Eintreten einer Null-Überlappung in Querrichtung des Fahrzeugs mit dem Kollisionsobjekt ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ausweich- oder Überholvorgang in Abhängigkeit von der ermittelten Dauer bis zum Eintreten der Kollision und der Dauer bis zum Eintreten der Null-Überlappung in Querrichtung erkannt oder vermutet wird, insbesondere derart, dass ein Ausweich- oder Überholvorgang erkannt oder vermutet wird, wenn die Dauer bis zum Eintreten der Kollision zumindest nicht kleiner ist als die Dauer bis zum Eintreten der Null-Überlappung in Querrichtung.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3–5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ausweich- oder Überholvorgang erkannt oder vermutet wird, wenn die Dauer bis zum Eintreten der Kollision um nicht mehr als einen vorgegebenen Grenzwert kleiner ist als die Dauer bis zum Eintreten der Null-Überlappung in Querrichtung, und/oder der zeitlich Gradient der Dauer bis zum Eintreten der Null-Überlappung negativ ist).

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erkennen oder Vermuten eines Ausweich- oder Überholvorgangs als Eingriffszeitpunkt ein ermittelter letztmöglicher Ausweichzeitpunkt festgelegt wird.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem unwahrscheinlichen Ausweich- oder Überholvorgang der Eingriffszeitpunkt in Abhängigkeit vom Endzeitpunkt einer ermittelten Fahrerreaktionszeit und/oder einem ermittelten letztmöglichen Bremszeitpunkt und/oder einem ermittelten letztmöglicher Ausweichzeitpunkt ermittelt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Eingriffszeitpunkt derart ermittelt wird, dass bei einem ermittelten Endzeitpunkt der Fahrerreaktionszeit, der vor dem ermittelten letztmöglichen Bremszeitpunkt eintritt, als vorläufiger Eingriffszeitpunkt der letztmögliche Bremszeitpunkt festgelegt wird und/oder dass bei einem ermittelten Endzeitpunkt der Fahrerreaktionszeit, der vor dem ermittelten letztmöglichen Ausweichzeitpunkt und nach dem ermittelten letztmöglichen Bremszeitpunkt eintritt, als vorläufiger Eingriffszeitpunkt der letztmögliche Bremszeitpunkt oder der Endzeitpunkt der Fahrerreaktionszeit festgelegt wird und/oder dass bei einem ermittelten letztmöglichen Ausweichzeitpunkt, der nach dem ermittelten letztmöglichen Bremszeitpunkt und vor dem ermittelten Endzeitpunkt der Fahrerreaktionszeit eintritt, als vorläufiger Eingriffszeitpunkt der letztmögliche Bremszeitpunkt festgelegt wird.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen