

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

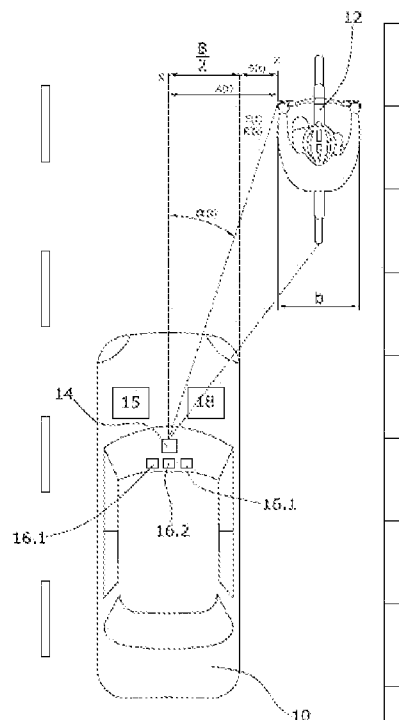
(21)	Anmeldenummer:	A 50510/2023	(51)	Int. Cl.:	B60W 60/00	(2020.01)
(22)	Anmeldetag:	28.06.2023			B60W 30/09	(2012.01)
(43)	Veröffentlicht am:	15.11.2024			B60W 30/18	(2006.01)
					B60W 50/14	(2012.01)

(56)	Entgegenhaltungen: WO 2022233676 A1 DE 102018214962 A1	(71)	Patentanmelder: AVL List GmbH 8020 Graz (AT)
		(72)	Erfinder: Priller Peter Dipl.-Ing. 8111 Gratwein-Straßengel (AT)
		(74)	Vertreter: Hartinger Mario Dipl.-Ing. 8020 Graz (AT)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes eines ersten Fahrzeugs zu einem zweiten Fahrzeug beim Überholvorgang**

(57) Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang mit einer in Fahrtrichtung des ersten Fahrzeugs (10) gerichteten Abstandsmesseinheit (14), einer in Fahrtrichtung des ersten Fahrzeugs (10) gerichteten Kamera (16), einer Bildverarbeitungseinheit (18) und einer Recheneinheit (15), vorgeschlagen, bei dem über die Abstandsmesseinheit (14) ein Ist-Abstand $E(t)$ des ersten Fahrzeugs (10) zum zweiten Fahrzeug (12) kontinuierlich oder zyklisch gemessen wird, und über die Kamera (16) kontinuierlich ein Bild des zweiten Fahrzeugs (12) aufgezeichnet wird und in der Bildverarbeitungseinheit (18) zyklisch aus den Bilddaten und dem ermittelten Ist-Abstand $E(t)$ ein aktueller Ist-Versatz einer am weitesten zur Straßenmitte weisenden Seitenfläche (Z) des zweiten Fahrzeugs (12) zur Kameraachse (X) ermittelt wird und aus diesem Ist-Versatz in der Recheneinheit (15) ein Ist-Seitenabstand $S(t)$ berechnet wird.

Des Weiteren ist eine Verifizierung der über die Kamera (16) und die Abstandsmesseinheit (14) ermittelten Abstände möglich, um die Genauigkeit des berechneten Seitenabstandes $S(t)$ zu verbessern.



ZUSAMMENFASSUNG

Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes eines ersten Fahrzeugs zu einem zweiten Fahrzeug beim Überholvorgang

Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang mit einer in Fahrtrichtung des ersten Fahrzeugs (10) gerichteten Abstandsmesseinheit (14), einer in Fahrtrichtung des ersten Fahrzeugs (10) gerichteten Kamera (16), einer Bildverarbeitungseinheit (18) und einer Recheneinheit (15), vorgeschlagen, bei dem über die Abstandsmesseinheit (14) ein Ist-Abstand $E(t)$ des ersten Fahrzeugs (10) zum zweiten Fahrzeug (12) kontinuierlich oder zyklisch gemessen wird, und über die Kamera (16) kontinuierlich ein Bild des zweiten Fahrzeugs (12) aufgezeichnet wird und in der Bildverarbeitungseinheit (18) zyklisch aus den Bilddaten und dem ermittelten Ist-Abstand $E(t)$ ein aktueller Ist-Versatz einer am weitesten zur Straßenmitte weisenden Seitenfläche (Z) des zweiten Fahrzeugs (12) zur Kameraachse (X) ermittelt wird und aus diesem Ist-Versatz in der Recheneinheit (15) ein Ist-Seitenabstand $S(t)$ berechnet wird.

Des Weiteren ist eine Verifizierung der über die Kamera (16) und die Abstandsmesseinheit (14) ermittelten Abstände möglich, um die Genauigkeit des berechneten Seitenabstandes $S(t)$ zu verbessern.

Figur 1

Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes eines ersten Fahrzeugs zu einem zweiten Fahrzeug beim Überholvorgang

Die Erfindung betrifft Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes eines ersten Fahrzeugs zu einem zweiten Fahrzeug beim Überholvorgang mit einer in Fahrtrichtung des ersten Fahrzeugs gerichteten Abstandsmesseinheit, einer in Fahrtrichtung des ersten Fahrzeugs gerichteten Kamera, einer Bildverarbeitungseinheit und einer Recheneinheit.

Moderne Fahrzeuge weisen eine Vielzahl an Assistenzsystemen, wie Abstandsregelungssysteme, Spurwechselassistenten, Kollisionswarnungssysteme und/oder Spurhalteassistenten auf. Diese Systeme nutzen üblicherweise sowohl Radarmessungen als auch die Bilder einer Kamera, die über eine Bildverarbeitungseinheit ausgewertet werden können.

Es sind verschiedene Verfahren bekannt geworden, mit denen neben der Abstandsmessung mit einer Radareinheit, welche üblicherweise elektromagnetische Wellen aussendet und die von den vorausfahrenden Fahrzeugen reflektierten elektromagnetischen Wellen empfängt und in einer Recheneinheit über die detektierte Zeitverzögerung oder Frequenzverschiebung einen Abstand ermittelt, auch oder alternativ eine Abstandsmessung über eine Kamera durchgeführt wird. Am Einfachsten ist eine Abstandsmessung durch die Auswertung der Bilder einer Stereokamera, jedoch sind auch Verfahren bekannt geworden, mit denen ein Abstand auch mittels einer Monokamera zumindest geschätzt werden kann, indem die Brennweite der Kamera berücksichtigt wird. Auch können Breitenmessungen über Monokameras mittels Auswertung von aufeinanderfolgenden Bildsequenzen durchgeführt werden oder

Breitenmessungen durch Identifizierung bekannter Größen im Bild, so dass eine Umrechnung erfolgen kann. Auch sind verschiedene Methoden zur Breitenmessung mittels Stereokameras bekannt, mit denen ein dreidimensionales Bild erschaffen wird, welches die berechneten Ausdehnungen der darin vorhandenen Körper oder Flächen enthält.

Zum Schutz anderer Verkehrsteilnehmer oder durch gesetzliche Änderungen kann es in Zukunft notwendig werden neben der reinen Abstandsmessung zu vorausfahrenden oder nachkommenden Fahrzeugen oder einem Nachweis eines Überschreitens einer Fahrbahnmarkierung auch konkret einen Seitenabstand zu Fahrzeugen zu ermitteln, welche überholt werden. Insbesondere wird es notwendig, auch die Fahrzeugarten zu unterscheiden, also zwischen einem einspurigen Fahrzeug, wie einem Fahrrad und einem zweispurigen Fahrzeug wie einem Automobil unterscheiden zu können, da je nach Fahrzeugart unterschiedliche Mindestseitenabstände erforderlich sind, die auch abhängig davon sind, ob das Fahrzeug sich im Innern einer geschlossenen Ortschaft oder außerhalb einer geschlossenen Ortschaft befindet.

Eine entsprechende Ermittlung von vorhandenen Seitenabständen ist bei ausschließlicher Nutzung von nach vorne gerichteten Messeinheiten bislang nicht bekannt. Insbesondere ist es nicht bekannt, ermittelte Seitenabstände zu verifizieren, um mit einer hohen Sicherheit einen entsprechenden Abstand einhalten zu können. Dies kann für Fahrer von Fahrzeuge hilfreich sein, ist jedoch gerade für autonome Fahrzeuge unerlässlich, um die Straßenverkehrsordnung zuverlässig zu erfüllen.

Es stellt sich daher die Aufgabe, ein Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes eines ersten Fahrzeugs zu einem zweiten Fahrzeug beim Überholvorgang zur Verfügung zu stellen, mit dem einerseits ein Seitenabstand zuverlässig mit einer hohen Genauigkeit ermittelt und möglichst vorausgesagt werden kann und andererseits, insbesondere für

autonome Fahrzeuge, die ermittelten Werte von nach vorne gerichteten Messeinheiten verifizieren kann, um Fehler bei der Messung und daraus folgend bei der Steuerung eines autonomen Fahrzeugs auszuschließen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes eines ersten Fahrzeugs zu einem zweiten Fahrzeug beim Überholvorgang mit den Merkmalen des Hauptanspruchs 1 gelöst.

Dabei ist das erste Fahrzeug üblicherweise ein zweispuriges Fahrzeug, insbesondere ein Automobil, ein Lastkraftwagen, ein Bus oder ein anderes Sonderfahrzeug, während das zweite Fahrzeug ein ein- oder zweispuriges Fahrzeug sein kann. Hierzu zählen somit insbesondere Fahrräder, Motorräder, Scooter aber auch Baumaschinen oder Busse. Der Überholvorgang wird insbesondere als potentiell möglicher Überholvorgang angesehen und startet somit, sobald ein vorausfahrendes Fahrzeug wahrgenommen wird. Alternativ kann der Vorgang auch mit dem Setzen eines Blinkers des Fahrzeugs gestartet werden oder durchlaufend im Hintergrund ausgeführt werden.

Zur Durchführung des Verfahrens weist das erste Fahrzeug eine zumindest in Fahrtrichtung des ersten Fahrzeugs gerichtete Abstandsmesseinheit auf, über die entsprechend vorausfahrende Fahrzeuge wahrgenommen werden können. Zusätzlich weist das erste Fahrzeug eine in Fahrtrichtung des ersten Fahrzeugs gerichtete Kamera auf, über die kontinuierlich Bilddaten aus dem vorausliegenden Raum aufgenommen und verarbeitet werden können. Es kann sich hierbei um verschiedene Arten von Kameras, wie Monokameras, Stereokameras, Lichtfeld-Kameras usw. handeln, welche es ermöglichen, die digitalen Daten des jeweils aufgenommenen Bildes in einer Bildverarbeitungseinheit zu verarbeiten und auszuwerten. Des Weiteren weist das Fahrzeug eine Recheneinheit auf, um aus den gewonnenen Daten Abstände, Längen, Breiten und ähnliches berechnen zu können. Selbstverständlich muss es sich bei der Bildverarbeitungseinheit und der

Recheneinheit nicht um zwei getrennte Einheiten handeln, sondern diese können auch in einer Einheit zusammengefasst werden. Die Recheneinheit ist mit der Bildbearbeitungseinheit und der Abstandsmesseinheit zum Datenaustausch verbunden. Erfindungsgemäß wird über die Abstandsmesseinheit ein kürzester Abstand des ersten Fahrzeugs zum vorausfahrenden zweiten Fahrzeug kontinuierlich oder zyklisch gemessen. Beim Überholvorgang ist dieser Ist-Abstand und damit die kürzeste Verbindung zwischen der Abstandsmesseinheit und dem vorausfahrendem Fahrzeug üblicherweise die linke Kante der Rückseite des vorausfahrenden Fahrzeugs beziehungsweise vor dem Überholvorgang die Rückfront des Fahrzeugs. Über die Kamera wird kontinuierlich ein Bild des zweiten Fahrzeugs aufgezeichnet und in der Bildverarbeitungseinheit zyklisch, beispielsweise 10 mal pro Sekunde aus den Bildern Bilddaten bestimmt. Diese Bilddaten werden an die Recheneinheit übertragen, in der aus den Bilddaten und dem ermittelten Ist-Abstand ein aktueller Ist-Versatz einer zur Straßenmitte weisenden Seitenfläche des zweiten Fahrzeugs zur Kameraachse ermittelt wird. Aus diesem ermittelten Ist-Versatz wird in der Recheneinheit ein Ist-Seitenabstand berechnet. Hierzu sind verschiedene Bildauswertungsverfahren bekannt. Zur Berechnung kann hier beispielsweise die Brennweite der Kamera genutzt werden, um den Versatz des vorausfahrenden zweiten Fahrzeugs von dem auf dem Bild vorhandenen Versatz auf den realen Versatz umzurechnen. Des Weiteren können hierzu aufeinanderfolgende Bildsequenzen genutzt werden oder bekannte Verfahren, wie das Computer-Stereovisionsverfahren zur Auswertung der Bilder einer Stereokamera mit CCD-Sensor genutzt werden.

Entsprechend dient bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung die Bildverarbeitungseinheit zur Ermittlung von Bilddaten, und die Recheneinheit ist zum Empfangen der Bilddaten mit der Bildverarbeitungseinheit verbunden und dient zur Berechnung eines Ist-Versatzes einer am weitesten zur Straßenmitte weisenden Seitenfläche des zweiten Fahrzeugs zur Kameraachse aus den Bilddaten und dem über die

Abstandsmesseinheit ermittelten Ist-Abstand und eines Ist-Seitenabstandes aus dem ermittelten Ist-Versatz dient.

Vorzugsweise werden in der Recheneinheit die ermittelten Ist-Seitenabstände mit hinterlegten Soll-Seitenabständen verglichen. Entsprechend kann entweder einem Fahrer die Einhaltung eines zusätzlichen Abstandes empfohlen werden oder bei einem autonomen Fahrzeug diese Differenz zur Korrektur der Lage des ersten Fahrzeugs genutzt werden.

Vorzugsweise wird aus den kontinuierlich aufgezeichneten Bilddaten der Bildverarbeitungseinheit in der Recheneinheit ein Winkel zwischen der Kameraachse und einer zur Straßenmitte weisenden Seitenfläche des zweiten Fahrzeugs berechnet und daraus kontinuierlich in der Recheneinheit der Ist-Seitenabstand berechnet, indem der mittels der Abstandsmesseinheit bestimmte Ist-Abstand mit dem Sinus des berechneten Winkels multipliziert wird und ein seitlicher Abstand der Kamera von einer zum Straßenrand weisenden Seite des ersten Fahrzeugs subtrahiert wird. Dabei ist davon auszugehen, dass die Genauigkeit des über die Bilddaten berechneten Winkels relativ hoch ist und so auch der ermittelte Ist-Seitenabstand unter Verwendung des ebenfalls ein hohe Genauigkeit aufweisenden, mit der Abstandsmesseinheit ermittelten Ist-Abstands, eine hohe Genauigkeit aufweist.

In einer hierzu weiterführenden Ausführungsform wird zur Bestimmung des Winkels eine Stereokamera oder eine Lichtfeldkamera verwendet. Über diese beiden Kameras kann auf bekannte Weise mit guter Genauigkeit der Winkel der Kameraachse zum vorausfahrenden Fahrzeug bestimmt werden. Hierbei wird selbstverständlich der Winkel zur Mittelachse zwischen den beiden Kameras berechnet und damit zur Fahrzeugmitte, wenn beide Kameras mit gleichem Versatz zur Fahrzeugmitte angeordnet sind.

Eine ähnliche Form zur Bestimmung des Winkels kann mittels einer Monokamera und optischen Umlenkmitteln erreicht werden. Durch die optischen Umlenkmittel können über die Monokamera ebenfalls zwei Bilder unterschiedlicher Perspektive aufgenommen und verglichen werden und daraufhin in gleicher Weise wie bei einer Stereokamera hieraus Abstände und Winkel berechnet werden.

Auch kann zur Bestimmung des Winkels lediglich eine Monokamera sowie die Brennweite dieser Kamera verwendet werden. Über die Brennweite der Monokamera ist es dann möglich die Längen des Bildes bei bekannter Pixelanzahl und Auflösung in reale Längen umzurechnen. Insbesondere der Winkel zur Kameraachse kann auf diese Weise mit hoher Genauigkeit bestimmt werden.

Besonders bevorzugt ist es, wenn die Abstandmeseinheit eine Radareinheit ist. Mit einer Radareinheit kann mit hoher Genauigkeit der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug bestimmt werden.

In einer alternativen Ausführung ist die Abstandmeseinheit die Kamera, welche auch zur Winkelbestimmung genutzt wird. Insbesondere mit einer Stereokamera lässt sich in bekannter Weise auch der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug bestimmen. Dies erfolgt, indem durch die unterschiedlichen entstehenden Perspektiven der Stereokamera zum vorausfahrenden zweiten Fahrzeug in der Bildverarbeitungseinheit beispielsweise durch Computer-Stereo-Vision ein dreidimensionales Bild erzeugt wird, welches es ermöglicht, Abstände zu berechnen.

Bei der Verwendung einer Monokamera ist es auch möglich, aus zwei aufeinander folgenden Bildern anhand des Größenunterschieds eines Objekts auf dem Bild, dessen Größe bekannt ist, den Abstand zum zweiten Fahrzeug zu berechnen. Als Bezugsgröße kann hier beispielsweise die Größe eines Nummernschildes oder dergleichen verwendet werden. In diesem Fall

kann somit sowohl der Abstand als auch der Winkel lediglich über die Kamera bestimmt werden.

Besonders bevorzugt ist es, wenn aus den Daten der Bildverarbeitungseinheit in der Recheneinheit ein zweiter Ist-Abstand zum zweiten Fahrzeug berechnet und mit dem mittels der Radareinheit bestimmten ersten Ist-Abstand zu einem identischen Zeitpunkt verglichen und verifiziert wird. Auf diese Weise können Fehler bei der Berechnung des Abstandes und daraus folgend auch des Winkels und damit des Ist-Seitenabstandes vermieden werden.

Hierzu kann insbesondere bei gleichen ermittelten Ist-Abständen aus der Bildverarbeitungseinheit und der Radareinheit auf eine korrekte Messung geschlossen werden und diese zur Berechnung des Ist-Seitenabstands verwendet werden. Eine solche Verifikation ist vor allem für autonom fahrende Fahrzeuge essentiell, um Fehler bei der automatischen Lenkung, die zu Unfällen oder Gefährdungen, insbesondere von überholten Fahrradfahrern führen könnten, zu verhindern.

In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird der berechnete Ist-Seitenabstand zum zweiten Fahrzeug im ersten Fahrzeug angezeigt. Entsprechend kann ein Fahrer, falls er erkennt, dass der angezeigte Ist-Seitenabstand unzureichend ist, korrigierend eingreifen.

In einer alternativen bevorzugten Ausführung des Verfahrens werden die Bilder einer Monokamera verwendet und in der Bildverarbeitungseinheit wird aus Bilddaten ein Versatz der zur Straßenmitte weisenden Seitenfläche des zweiten Fahrzeugs zur Kameraachse am Bild gemessen und in der Recheneinheit mit Referenzbildern aus einem Kennfeld verglichen, in dem für unterschiedliche Abständen die Ist-Versätze zu den ermittelten Seitenversätzen am Bild hinterlegt sind, und aus diesem Vergleich wird der Ist-Versatz $A(t)$ bestimmt. Auf diese Weise wird die notwendige

Rechenleistung minimiert und dennoch festgestellt, ob ein ausreichender Seitenabstand vorliegt. Zum Lernen dieser Referenzbilder können beispielsweise auch neuronale Netze genutzt werden.

Dabei kann die ermittelte Differenz als skalierte Abweichung im ersten Fahrzeug angezeigt oder verarbeitet werden. So kann eine positive Abweichung einen ausreichenden Abstand bestätigen, während eine negative Anzeige darstellt, dass ein zusätzlicher Abstand notwendig ist. Ein Fahrer eines überholenden Fahrzeugs kann entsprechend auf eine solche Anzeige reagieren, während ein autonomes Fahrzeug bis zum Erreichen einer Null-Abweichung entsprechend gesteuert werden kann, ohne konkrete Maße lernen zu müssen.

Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn aus den Daten der Bildverarbeitungseinheit über die Recheneinheit das zweite Fahrzeug als einspuriges oder zweispuriges Fahrzeug identifiziert wird. Dies ist insbesondere durch eine einfache Breitenmessung oder durch Objekterkennung, beispielsweise über ein neuronales Netz möglich. In der Recheneinheit können entsprechende von der Straßenverkehrsordnung festgelegte Daten hinterlegt werden, die sich gegebenenfalls für zu überholende Zweiräder oder vierrädrige Fahrzeuge unterscheiden können. So wird sichergestellt, dass nicht nur ein absoluter Soll-Seitenabstand mit Sicherheit eingehalten wird, sondern dass dieser auch in Abhängigkeit des zu überholenden Fahrzeugs angepasst werden kann.

Des Weiteren wird vorzugsweise über ein Navigationsgerät oder eine Verkehrsschilderkennung darauf geschlossen, ob sich das erste Fahrzeug und das zweite Fahrzeug innerhalb oder außerhalb einer geschlossenen Ortschaft befinden. Auch diese Information wird zur Einstellung des Soll-Seitenabstandes genutzt, da außerhalb geschlossener Ortschaften und damit auch höherer zu erwartender Geschwindigkeiten ein anderer Seitenabstand gesetzlich vorgeschrieben ist. Selbstverständlich kann dieser

Mindestseitenabstand auch in Abhängigkeit der Geschwindigkeit des überholenden Fahrzeugs festgelegt werden. Die verschiedenen Soll-Seitenabstände werden entsprechend in der Recheneinheit für die verschiedenen Fahrzeugtypen und in Abhängigkeit der GPS- oder Navigationsdaten hinterlegt und beim Vergleich mit dem berechneten Ist-Seitenabstand berücksichtigt.

Besonders bevorzugt ist es, wenn die ermittelten Ist-Seitenabstände über die Zeit gespeichert und extrapoliert werden, um einen voraussichtlichen Ist-Seitenabstand für den Moment eines Erreichens des zweiten Fahrzeugs vorherzusagen. So wird ein dynamisches System geschaffen, welches es ermöglicht, in Abhängigkeit des Frontabstandes allmählich den beim eigentlichen Überholvorgang erforderlichen Seitenabstand zu erreichen und somit zur Trajektorieplanung bei automatischen Fahrzeugen genutzt zu werden.

Des Weiteren sind in einer hierzu weiterführenden Ausführungsform in der Recheneinheit Soll-Seitenabstände in Abhängigkeit des über die Radareinheit ermittelten Abstands für einspurige und zweispurige Fahrzeuge hinterlegt, so dass, falls der vorhergesagte zu erwartende Ist-Seitenabstand geringer ist als der zulässige Soll-Seitenabstand ein Warnsignal an einen Fahrzeugführer des ersten Fahrzeugs ausgegeben wird oder das Fahrzeug selbstständig korrigierend durch Erhöhung des Ist-Seitenabstands oder durch Bremsen eingreift. Es wird somit kontinuierlich der Überholvorgang bereits überwacht, bevor das überholende erste Fahrzeug ausschert. Über die gesamte Dauer des damit eingeleiteten Überholvorgangs können dann die erforderlichen Daten ermittelt und verglichen werden, um einen sanften Überholvorgang sicher zu stellen.

Bei der Korrektur oder der Ausgabe des Warnsignals an den Fahrer kann vorteilhafterweise auch die momentane Geschwindigkeit des Fahrzeugs berücksichtigt werden, so dass bei höheren Geschwindigkeiten der

Überholvorgang bei größerem Abstand eingeleitet werden kann. Dies bedeutet auch, dass die Differenzgeschwindigkeit zwischen dem ersten Fahrzeug und dem zweiten Fahrzeug berücksichtigt wird, welche entscheidend für den zeitlichen Verlauf und die optimale Fahrlinie bis zum Erreichen des zweiten Fahrzeugs und damit des dort erforderlichen Ist-Seitenabstandes ist.

Es wird somit ein Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes eines ersten Fahrzeugs zu einem zweiten Fahrzeug beim Überholvorgang vorgeschlagen, mit dem für unterschiedliche Fahrzeugtypen, Geschwindigkeiten und Aufenthaltsorten ein Einhalten eines beim Überholen erforderlichen Sicherheits-Seitenabstandes sichergestellt wird. Die bei der Berechnung erhaltenen Daten werden verifiziert, um Fehler bei der Ermittlung des Seitenabstandes auszuschließen. Durch die Vorausberechnung eines zu erwartenden Seitenabstandes bei Erreichen des vorfahrenden Fahrzeugs kann der Fahrer oder die automatische Steuerung des Fahrzeugs rechtzeitig eingreifen, um ein sanftes Überholmanöver sicherzustellen.

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens wird im Folgenden anhand der Figuren beschrieben.

Die Figur 1 zeigt eine Prinzipskizze in Draufsicht, in der die zu ermittelnden Abstände und Winkel eingetragen sind.

In der Figur 1 ist ein erstes Fahrzeug 10 dargestellt, welches eine Breite B aufweist. Es handelt sich um ein zweispuriges Fahrzeug in Form eines PKWs. In Fahrtrichtung vor diesem ersten Fahrzeug 10 befindet sich ein zweites Fahrzeug 12 in Form eines Fahrrades. Will nun der Fahrer des Fahrzeugs 10 das zweite Fahrzeug 12 überholen, so hat er während des Überholens einen Soll-Seitenabstand nach den gesetzlichen Vorgaben einzuhalten, der sowohl

von seiner eigenen Geschwindigkeit als auch von seinem Aufenthaltsort, insbesondere ob er sich innerhalb oder außerhalb einer geschlossenen Ortschaft befindet, sowie von der Art des vorausfahrenden zweiten Fahrzeugs 12 abhängig ist.

Hierzu weist das erste Fahrzeug 10 eine in Fahrtrichtung beziehungsweise gerade nach vorne gerichtete Abstandsmesseinheit 14 auf, die mit einer Recheneinheit 15 verbunden ist und einen Abstand $E(t)$ zum zweiten Fahrzeug 12 kontinuierlich misst. Dieser Abstand $E(t)$ wird über die Zeit ermittelt und in der Recheneinheit 15 gespeichert.

Des Weiteren ist im ersten Fahrzeug 10 eine digitale Kamera 16 angeordnet, deren Kameraachse X ebenfalls gerade nach vorne und somit in Fahrtrichtung weist und die als Stereokamera 16.1, Lichtfeldkamera oder Monokamera 16.2 ausgebildet sein kann und mit einer Bildverarbeitungseinheit 18 verbunden ist, die ebenfalls eine Datenverbindung zur Recheneinheit 15 aufweist.

Bei der Verwendung einer Stereokamera 16.1 kann durch die unterschiedliche entstehende Perspektive der Stereokamera 16.1 zum vorausfahrenden zweiten Fahrzeug 12 in der Bildverarbeitungseinheit 18 beispielsweise durch Computer-Stereo-Vision ein dreidimensionales Bild erzeugt werden, welches es auch ermöglicht, Größen, Längen und somit Abstände zu berechnen. Somit kann mithilfe der Stereokamera 16.1 ein Abstand $E'(t)$ in der Bildverarbeitungseinheit 18 ermittelt werden. Zusätzlich wird es durch die vorhandenen Bilddaten auch möglich, mit guter Genauigkeit einen Ist-Versatz $A(t)$ einer am weitesten zur Straßenmitte weisenden Seitenfläche Z des vorausfahrenden Fahrzeugs 12 zur Kameraachse X aus den vorhandenen Bilddaten zu ermitteln, welche üblicherweise nach vorne, also in Fahrtrichtung weist. Aus diesem Ist-Versatz $A(t)$ kann auch ein Ist-Seitenabstand $S(t)$ zum zweiten Fahrzeug 12 berechnet werden. Dieser Ist-Seitenabstand $S(t)$ wird über den Winkel

$\alpha(t)$ zwischen der Kameraachse X, in diesem Fall der Achse, welche zentral zwischen den beiden Blenden der Stereokamera 16.1 angeordnet ist, und dem zweiten Fahrzeug 12 aus den Bilddaten in der Bildverarbeitungseinheit 18 bestimmt.

Alternativ kann zur Berechnung des Ist-Seitenabstands $S(t)$ auch eine Monokamera 16.2 verwendet werden. Die Abstände $E'(t)$ und die Ist-Seitenabstände $S(t)$ können hierbei entweder über bekannte Schätzalgorithmen ermittelt werden oder über die Brennweite f und den darüber zu bestimmenden Winkel α berechnet werden, der über die Brennweite f recht genau zu bestimmen ist. Nichtsdestotrotz sind diese Schätzungen üblicherweise nicht so genau wie der über eine Stereokamera oder Lichtfeldkamera ermittelte Abstand.

In der einfachsten Form des erfindungsgemäßen Verfahrens dient die Kamera 16 somit sowohl zur Bestimmung eines Winkels $\alpha(t)$ als auch des Abstandes $E(t)$, indem $E'(t)$ gleich $E(t)$ gesetzt wird und somit als Abstandsmesseinheit 14. Auch können verschiedene Kameras verwendet werden, über die eine Verifizierung der Abstandsmessung durchgeführt werden kann, in dem die ermittelten Werte $E(t)$ und $E'(t)$ in der Recheneinheit 15 miteinander verglichen werden.

Alternativ wird zur Bestimmung des Abstandes $E(t)$ in bekannter Weise als Abstandsmesseinheit 14 eine Radareinheit verwendet, welche in der Figur 1 die gleiche Sichtachse X aufweist, wie die Kamera 16. Die Werte dieser Radareinheit können entweder alleine zur Bestimmung des Abstandes $E(t)$ genutzt werden, da diese üblicherweise sehr genau sind, oder sie können zusätzlich zu den über die Bilddaten der Kamera 16 ermittelten Werte für den Abstand $E'(t)$ zu dessen Verifizierung genutzt werden.

Selbstverständlich erfassen die Abstandsmesseinheit 14 und auch die Kamera 16 immer alle im erfassten Bereich vorhandenen Objekte O, so dass

für die Messung der Kamera 16 und für die Messung der Radareinheit 14 eine Vielzahl von Daten über die Zeit ($E(t)$, $E'(t)$, $\alpha(t)$, $O(i)$, $S(t)$) ermittelt und gespeichert werden kann. Die hierzu verwendeten Daten werden dabei zyklisch durch die nachfolgenden Messungen erneuert. Dabei werden in der Bildverarbeitungseinheit 18 oder der Recheneinheit 15 auch die Objekte O_1 , O_2 usw. identifiziert, also einem Fahrzeugtyp und beispielsweise einer Fahrtrichtung zugeordnet. So kann durch die vorhandenen Ansichten der Kamera 16 beispielsweise aufgrund der Breite des Fahrzeugs 12 in der Recheneinheit 15 oder der Bildverarbeitungseinheit 18 identifiziert werden, ob es sich um ein einspuriges oder ein zweispuriges Fahrzeug 12 handelt und über die Daten der Radareinheit 14 sowie der eigenen Geschwindigkeit auch ermittelt werden, in welche Richtung dieses erfasste Objekt O sich bewegt, also ob es sich um ein entgegenkommendes oder in gleicher Richtung fahrendes Fahrzeug 12 handelt. Die Bildverarbeitungseinheit 18 kann aber auch noch zusätzliche Identifikationsparameter vergeben, so dass eine Liste der erkannten Objekte der Art $[(O'_1, E'_1, \alpha_1, \text{Typ}_1), (O'_2, E'_2, \alpha_2, \text{Typ}_2), \dots]$ entsteht.

Bei der Abstands- und Winkelbestimmung zu einem vorausfahrenden Fahrradfahrer als zweites Fahrzeug 12 ist bei der Verwendung einer Radareinheit als Abstandsmesseinheit 14 bei diesem Vergleich zu berücksichtigen, dass der Winkel $\alpha(t)$ aus der Bildverarbeitungseinheit 18 und auch der Abstand $E(t)$ aus der Radarmessung zum gleichen Punkt gerichtet sind. Wird eine 3D-Radarmessung verwendet, kann der Abstand tatsächlich zur am weitesten zur Straßenmitte weisenden Seitenfläche Z des Fahrrades gemessen werden, welche üblicherweise durch den linken Lenkergriff gebildet wird. Somit entspricht die am weitesten zur Straßenmitte weisende Seitenfläche Z der Kamera 16 auch dem der Radareinheit 14. Bei einer 2D-Radareinheit kann es jedoch notwendig sein, die Lage des Punktes entweder bei der Bildauswertung oder bei der Abstandsbestimmung der Radareinheit 14 zu korrigieren. Dies liegt daran,

dass die 2D-Radareinheit 14 üblicherweise einen kürzesten Abstand identifiziert. Entsprechend ist der Bezugspunkt der Kamera 16 im Bild der am weitesten zur Straßenmitte gerichteten Seitenfläche Z des zweiten Fahrzeugs 12, der bei der Berechnung benutzt wird, während bei der Radarmessung der hintere Bereich des Fahrzeugs 12 identifiziert wird. Bei vorausfahrenden zweispurigen Fahrzeugen 12 stimmt dies üblicherweise etwa überein, während beim Fahrrad als zweites Fahrzeug 12 durch die Radarmessung der Abstandsmesseinheit 14 ein Abstand zum nächstliegenden, zum ersten Fahrzeug 10 weisenden Bereich ermittelt wird, beispielsweise zum Rücklicht oder Hinterreifen, der jedoch für die Kamera 16 im Bild weiter rechts erscheint als beispielsweise der nach links ragende Lenkerteil des Fahrrades. Entsprechend muss entweder eine Identifizierung des zweiten Fahrzeugs 12 als Fahrrad erfolgen und in der Bildverarbeitungseinheit 18 und der Recheneinheit 15 der hintere Teil des Fahrrades identifiziert werden und die Messung des Winkels am Bild dann auch zu dieser Position durchgeführt werden, um die Abstände $E(t)$ und $E'(t)$ vergleichen zu können, oder es muss der Abstand der Radarmessung entsprechend korrigiert werden, beispielsweise durch Addition eines üblichen Abstandes zwischen dem Hinterteil des Fahrrades und dem Lenker. Zur Berechnung des korrekten Ist-Seitenabstandes $S(t)$ muss im ersten Fall eine übliche Breitendifferenz zwischen dem Mittelteil des Fahrrades und dem links überstehenden Teil berücksichtigt und aufaddiert werden.

Wird eine Verifizierung der Abstandsmessungen durchgeführt, werden für die Berechnung des Ist-Seitenabstandes $S(t)$ dann beispielsweise lediglich die Daten der Abstandsmessungen verwendet, bei denen eine Differenz zwischen $E(t)$ und $E'(t)$ unter einem Schwellenwert von beispielsweise 5% von $E(t)$ liegt. Ist dies der Fall kann die vermutlich ungenauere Messung $E'(t)$ durch die genauere Messung $E(t)$ ersetzt werden und es ergeben sich die Objekteinträge ($O'1$, $E1$, $\alpha1$, $Typ1$) für das zweite Fahrzeug 12.

Unabhängig von einer vorgenommenen Verifizierung kann im Folgenden in der Recheneinheit 15 für jedes relevante Objekt aus $E(t)$ und $\alpha(t)$ und der Fahrzeug-Geometrie der zugehörige Ist-Seitenabstand S aus $S(t) = E(t) * \sin(\alpha(t)) - B/2$ errechnet werden, wobei $B/2$ den Abstand der Kamera zur rechten Außenseite des Fahrzeugs darstellt. Im Falle der 2D-Radarmessung muss noch die halbe Breite $b/2$ des Fahrrades subtrahiert werden. Wie oben bereits beschrieben wurde, ist hier darauf zu achten, dass $E(t)$ und der Winkel $\alpha(t)$ zum gleichen Bezugspunkt weisen. Dies bedeutet, dass bei einem Fahrrad die halbe Breite des Fahrrades ($b/2$) zu subtrahieren ist, wenn der Bezugspunkt am hinteren Teil des Fahrrades liegt. Bei der Verwendung der 3D-Radarsensoren kann direkt der Abstand zur linken Außenseite des Fahrrades, also insbesondere dem linken Teil des Lenkers oder der Hand des Radfahrers durchgeführt werden, so dass die Bildauswertung und die Radarauswertung den gleichen Punkt betreffen, wodurch der Winkel α direkt am Bild bestimmt werden, so dass auf weitere Abzüge bei der Seitenabstandsrechnung verzichtet werden.

Sowohl die ermittelten kürzesten Abstände $E(t)$, die sich beim Überholen üblicherweise ändern und kontinuierlich beispielsweise 10 mal pro Sekunde erfasst werden, als auch die Berechnung des Ist-Seitenabstands $S(t)$ wird zyklisch durchgeführt. Während des Überholvorgangs ändern sich diese Daten aufgrund der sich ändernden Abstände $E(t)$, $S(t)$ durch Lenkbewegungen und unterschiedliche Geschwindigkeiten. Es ergibt sich somit ein Verlauf $S(t)$, der es auch erlaubt, eine kontinuierlich aktualisierte Vorhersage des Ist-Seitenabstands $S(t)$, wenn das Fahrzeug 10 und das Fahrzeug 12 auf gleicher Höhe sind, zu berechnen. Dies kann beispielsweise durch Extrapolation erfolgen.

Somit können Fahrer beispielsweise durch eine Anzeige eines momentanen Ist-Seitenabstands oder des bei Erreichen des Fahrzeugs 12 zu erwartenden Ist-Seitenabstands kontinuierlich informiert werden, wenn dieser geringer ist als ein hinterlegter vorgeschriebener Soll-Seitenabstand $S_{\text{soll}}(t)$ und

entsprechend korrigierend reagieren, falls der Soll-Seitenabstand gemäß Straßenverkehrsordnung nicht eingehalten wird. Für autonome Fahrzeuge kann auf diese Weise auch ein gleichmäßiger Überholvorgang mit sicheren Abständen automatisiert berechnet werden. Dabei kann zusätzlich durch Positionsmessung mittels des Navigationsgerätes oder durch vorhandene Schildererkennung berücksichtigt werden, ob sich die Fahrzeuge 10, 12 innerhalb oder außerhalb einer geschlossenen Ortschaft bewegen, so dass auch abhängig von der Position der Fahrzeuge der Seitenabstand korrekt eingestellt werden kann.

Mit dem beschriebenen Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes eines ersten Fahrzeugs zu einem zweiten Fahrzeug beim Überholvorgang kann sichergestellt werden, dass für verschiedene Fahrzeugtypen ein vorgeschriebener Sicherheitsabstand richtig berechnet und verifiziert werden kann.

Es sollte deutlich sein, dass das beanspruchte Verfahren auf unterschiedliche Weise durchgeführt werden kann. So kann entweder lediglich eine Kamera verwendet werden, um die Abstände und Winkel und daraus folgend den Seitenabstand zu bestimmen oder mehrere Kameras verwendet werden, wodurch eine Verifizierung des berechneten Abstandes möglich ist. Alternativ kann zur Abstandsmessung eine Radareinheit verwendet werden, deren Messwerte entweder direkt zur Berechnung des Seitenabstandes als Abstand genutzt werden oder die genutzt werden, den ermittelten Abstand zu verifizieren, da eine Radarmessung sehr genau ist. Insbesondere bei der Verwendung einer Monokamera, deren Werte bei der Bestimmung des Abstandes üblicherweise weniger genau sind, da es sich um Schätzungen handelt, ist es empfehlenswert, eine Radareinheit als Abstandsmesseinheit zu verwenden, um eine höhere Genauigkeit zu erzielen.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang mit
einer in Fahrtrichtung des ersten Fahrzeugs (10) gerichteten Abstandsmesseinheit (14),
einer in Fahrtrichtung des ersten Fahrzeugs (10) gerichteten Kamera (16),
einer Bildverarbeitungseinheit (18) und
einer Recheneinheit (15),
dadurch gekennzeichnet, dass
über die Abstandsmesseinheit (14) ein Ist-Abstand $E(t)$ des ersten Fahrzeugs (10) zum zweiten Fahrzeug (12) kontinuierlich oder zyklisch gemessen wird,
über die Kamera (16) kontinuierlich ein Bild des zweiten Fahrzeugs (12) aufgezeichnet wird und in der Bildverarbeitungseinheit (18) zyklisch Bilddaten ermittelt und an die Recheneinheit übertragen werden und in der Recheneinheit (15) mit dem ermittelten Ist-Abstand $E(t)$ und den ermittelten Bilddaten ein aktueller Ist-Versatz $A(t)$ einer am weitesten zur Straßenmitte weisenden Seitenfläche (Z) des zweiten Fahrzeugs (12) zur Kameraachse (X) ermittelt wird und aus diesem Ist-Versatz $A(t)$ in der Recheneinheit (15) ein Ist-Seitenabstand $S(t)$ berechnet wird.
2. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
in der Recheneinheit (15) die ermittelten Ist- Seitenabstände $S(t)$ mit hinterlegten Soll-Seitenabständen S_{soll} verglichen werden.

3. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
aus den kontinuierlich aufgezeichneten Bilddaten der Bildverarbeitungseinheit (18) in der Recheneinheit (15) ein Winkel $\alpha(t)$ zwischen der Kameraachse (X) und der zur Straßenmitte weisenden Seitenfläche (Z) des zweiten Fahrzeugs (12) berechnet wird und daraus kontinuierlich in der Recheneinheit (15) der Ist-Seitenabstand $S(t)$ berechnet wird, indem der mittels der Abstandsmesseinheit (14) bestimmte Ist-Abstand $E(t)$ der zur Straßenmitte weisenden Seitenfläche (Z) des zweiten Fahrzeugs (12) mit dem Sinus des berechneten Winkels $\alpha(t)$ multipliziert wird und ein seitlicher Abstand (B) der Kamera (16) von einer zum Straßenrand weisenden Seite des ersten Fahrzeugs (10) subtrahiert wird.
4. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
zur Bestimmung des Winkels $\alpha(t)$ eine Stereokamera (16.1) oder eine Lichtfeldkamera verwendet wird.
5. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
zur Bestimmung des Winkels $\alpha(t)$ eine Monokamera (16.2) und optische Umlenkmittel verwendet werden.

6. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
zur Bestimmung des Winkels $\alpha(t)$ eine Monokamera (16.2) und die Brennweite (f) der Kamera (16) verwendet werden.
7. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Abstandmesseinheit (14) eine Radareinheit ist.
8. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Abstandmesseinheit (14) die Kamera (16) ist, welche auch zur Winkelbestimmung genutzt wird.
9. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
aus zwei aufeinander folgenden Bildern der Monokamera (16.1) anhand des Größenunterschieds eines Objekts (O) auf dem Bild, dessen Größe bekannt ist, der Abstand $E'(t)$ zum zweiten Fahrzeug (12) berechnet wird.
10. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach Anspruch 7 und 8,

dadurch gekennzeichnet, dass

aus den Daten der Bildverarbeitungseinheit (18) in der Recheneinheit (15) ein zweiter Ist-Abstand $E'(t)$ zum zweiten Fahrzeug (12) berechnet und mit dem mittels der Radareinheit (14) bestimmten ersten Ist-Abstand $E(t)$ zu einem identischen Zeitpunkt (t) verglichen und verifiziert wird.

11. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet, dass

bei gleichen ermittelten Ist-Abständen $E(t)$, $E'(t)$ aus der Bildverarbeitungseinheit (18) und der Radareinheit (14) auf eine korrekte Messung geschlossen wird und diese zur Berechnung des Ist-Seitenabstands $S(t)$ verwendet wird.

12. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

der berechnete Ist-Seitenabstand $S(t)$ zum zweiten Fahrzeug (12) im ersten Fahrzeug (10) angezeigt wird.

13. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Bilder einer Monokamera (16.2) verwendet werden und in der Bildverarbeitungseinheit (18) aus Bilddaten ein Versatz der zur Straßenmitte weisenden Seitenfläche (Z) des zweiten Fahrzeugs (12) zur Kameraachse (X) am Bild gemessen wird und in der Recheneinheit (15) mit Referenzbildern aus einem Kennfeld, in dem für

unterschiedliche Abständen $E(t)$ die Ist-Versätze zu den ermittelten Seitenversätzen am Bild hinterlegt sind, verglichen wird, und aus diesem Vergleich der Ist-Versatz $A(t)$ bestimmt wird.

14. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
die ermittelte Differenz als skalierte Abweichung im ersten Fahrzeug (10) angezeigt oder verarbeitet wird.
15. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
aus den Daten der Bildverarbeitungseinheit (18) über die Recheneinheit (15) das zweite Fahrzeug (12) als einspuriges oder zweispuriges Fahrzeug identifiziert wird.
16. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
über ein Navigationsgerät oder eine Verkehrsschilderkennung darauf geschlossen wird, ob sich das erste Fahrzeug (10) und das zweite Fahrzeug (12) innerhalb oder außerhalb einer geschlossenen Ortschaft befinden.
17. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

die ermittelten Ist-Seitenabstände $S(t)$ über die Zeit gespeichert und extrapoliert werden, um einen voraussichtlichen Ist-Seitenabstand $S(t)$ für den Moment eines Erreichens des zweiten Fahrzeugs (12) vorherzusagen.

18. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach Anspruch 17,

dadurch gekennzeichnet, dass

in der Recheneinheit (15) Soll-Seitenabstände S_{soll} für einspurige und zweispurige Fahrzeuge (12) hinterlegt sind, so dass, falls der vorhergesagte zu erwartende Ist-Seitenabstand $S(t)$ geringer ist als der zulässige Soll-Seitenabstand S_{soll} ein Warnsignal an einen Fahrzeugführer des ersten Fahrzeugs (10) ausgegeben wird oder das erste Fahrzeug (10) selbstständig korrigierend durch Erhöhung des Ist-Seitenabstands $S(t)$ oder durch Bremsen eingreift.

19. Verfahren zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

bei der Korrektur oder dem Warnsignal die Geschwindigkeit des ersten Fahrzeugs (10) berücksichtigt wird.

20. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung und Einhaltung eines Seitenabstandes $S(t)$ eines ersten Fahrzeugs (10) zu einem zweiten Fahrzeug (12) beim Überholvorgang nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

mit einer in Fahrtrichtung des ersten Fahrzeugs (10) gerichteten Abstandsmesseinheit (14),

einer in Fahrtrichtung des ersten Fahrzeugs (10) gerichteten Kamera (16),

einer Bildverarbeitungseinheit (18) und
einer Recheneinheit (15),

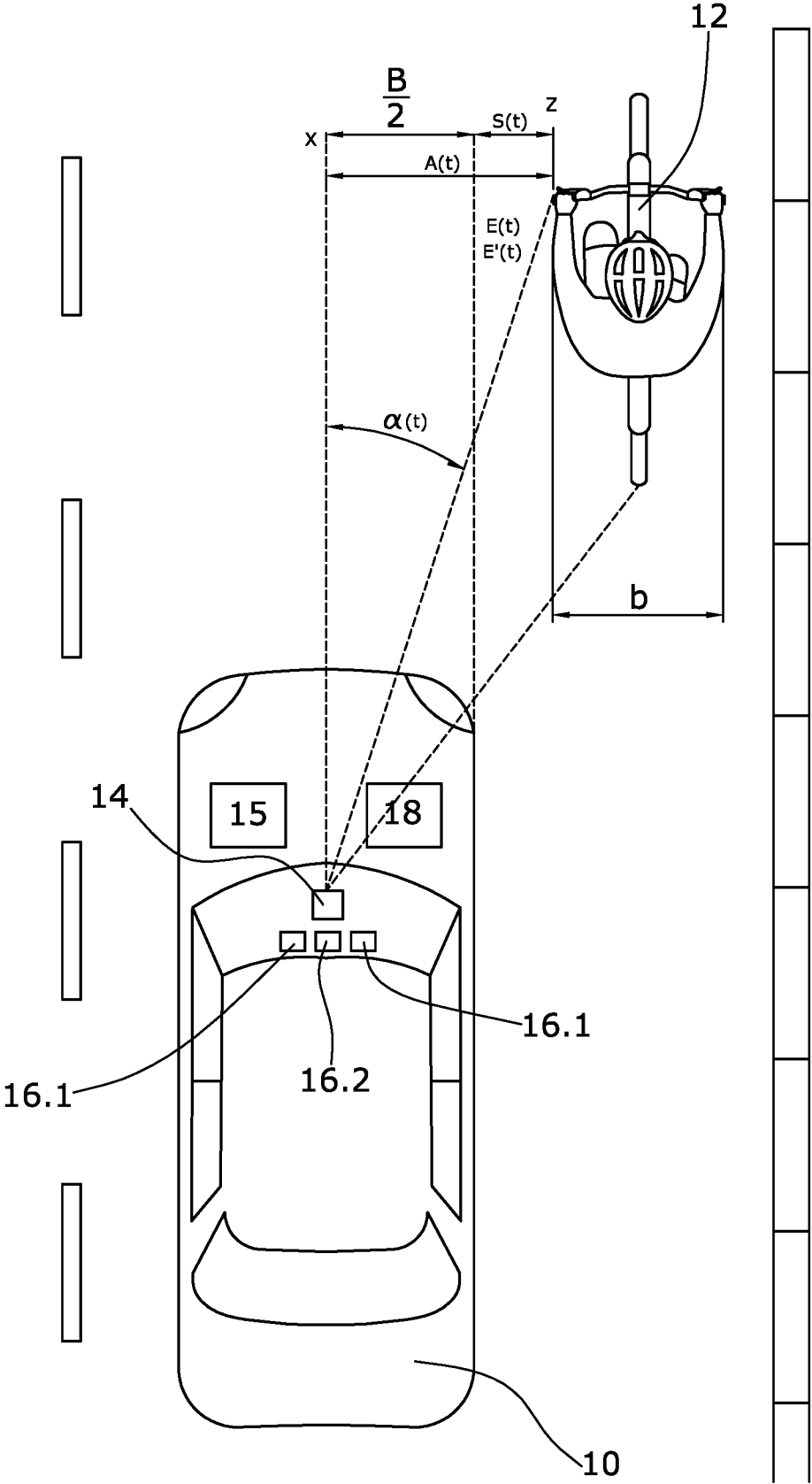
dadurch gekennzeichnet, dass

die Abstandsmesseinheit (14) zur Bestimmung eines Ist-Abstands
 $E(t)$ des ersten Fahrzeugs (10) zum zweiten Fahrzeug (12) dient,

die Kamera (16) zur kontinuierlichen Aufzeichnung eines Bildes des
zweiten Fahrzeugs (12) dient,

die Bildverarbeitungseinheit (18) zur Ermittlung und Übertragung von
Bilddaten dient,

und die Recheneinheit (15) zum Empfangen der Bilddaten mit der
Bildverarbeitungseinheit verbunden ist und zur Berechnung eines Ist-
Versatzes $A(t)$ einer am weitesten zur Straßenmitte weisenden
Seitenfläche (Z) des zweiten Fahrzeugs (12) zur Kameraachse (X) aus
den Bilddaten und dem über die Abstandsmesseinheit ermittelten Ist-
Abstand $E(t)$ und zur Berechnung eines Ist- Seitenabstandes $S(t)$ aus
dem ermittelten Ist-Versatz $A(t)$ dient.



Figur 1