

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	23 35 613	A1
DE	699 08 628	T2
US	2011 / 0 025 494	A1
US	5 062 088	A

**Wikipedia: Laufzeitmessung. Online
Enzyklopädie. Version 03.11.2012.**

Beschreibung

Bereich der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des relativen Abstandes und/oder der relativen Bewegung mindestens zweier Verkehrsteilnehmer, insbesondere mindestens zweier Fahrzeuge, bei dem anhand der von einem ersten Verkehrsteilnehmer der zwei Verkehrsteilnehmer erzeugten Initialisierungsaussendungen von akustischen Signalen Reaktionsaussendungen von akustischen Signalen eines die akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen empfangenden zweiten Verkehrsteilnehmers ausgelöst werden und von dem ersten Verkehrsteilnehmer empfangen und ausgewertet werden. Ferner betrifft die Erfindung eine entsprechende Vorrichtung zur Bestimmung des relativen Abstandes und/oder der relativen Bewegung zwischen mindestens zwei Verkehrsteilnehmern, insbesondere zwischen mindestens zwei Fahrzeugen. Auch betrifft die Erfindung ein Fahrzeugassistenzsystem mit einer entsprechenden Vorrichtung.

Stand der Technik

[0002] Zur akustischen Erfassung des Umfeldes von Fahrzeugen werden derzeit üblicherweise insbesondere pulsweise messende Systeme, die im Ultraschallbereich arbeiten, verwendet. Dabei werden typischerweise alle 10 ms bis 300 ms über einen Elektro-Akustik-Wandler akustische Pulse bei circa 50 kHz ausgesendet. Aus der Pulslaufzeit zu den sendenden und zu den nicht sendenden Wandlern wird auf den Objektabstand im Raum geschlussfolgert.

[0003] In früheren Patentanmeldungen der Anmelderin wurde vorgeschlagen, sich bei der Auswahl des akustischen Mediums nicht nur auf Ultraschall um 50 kHz zu beschränken. Die Entscheidung vor 30 Jahren für den Ultraschallbereich war einerseits darin begründet, dass in diesem Frequenzbereich die Rauschleistung proportional zum Kehrwert der Signalfrequenz hinreichend stark abnimmt, und andererseits sich die durch das Medium hervorgerufene Dämpfung noch in beherrschbaren Grenzen hält, und dass damals die ersten bezahlbaren elektronischen Bauelemente für diesen Frequenzbereich aufkamen.

[0004] Die Technik hat sich seither weiterentwickelt: Autos werden leiser, die Probleme bezüglich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) beherrschbarer, und mit der heute in jedem MP3-Spieler (MP3-Player) verfügbaren Signalverarbeitung wird eine effizientere Filterung in bezahlbarem Rahmen möglich.

[0005] Insbesondere wird es nunmehr mit der Einführung von Elektrofahrzeugen notwendig, dass diese Fahrzeuge sich durch synthetisierten Schall akustisch bemerkbar machen, um Passanten oder andere Verkehrsteilnehmer zumindest warnend auf sich aufmerksam zu machen. In älteren Patentanmeldungen der Anmelderin wurde daher schon vorgeschlagen, das gesamte Frequenzspektrum des Ultraschallbereichs mit dem des menschlichen Hörbereichs insgesamt für die akustische Überwachung eines Fahrzeugumfeldes durch Bewertung des von dem Fahrzeug selber ausgesendeten Schalls, insbesondere durch Bewertung des von dem Fahrzeug ausgesendeten synthetisierten Schalls und/oder des von dem Fahrzeug selber funktionsbedingt generierten Schalls, für die Ortung von Signalgebern beziehungsweise Schallquellen und damit für die Erhöhung der Verkehrssicherheit zu verwenden.

[0006] Das Dokument DE 30 24 791 C2 beschreibt eine Vorrichtung zur Überwachung der Position eines Arbeitsschiffes, wobei dort als Stand der Technik beschrieben ist, dass in einer bekannten Lösung auf der Unterseite eines Bohrschiffs mit Abstand zueinander vier Mikrophone angebracht sind, während an einer bestimmten Stelle nahe dem Bohrloch am Gewässergrund ein akustischer Transponder angeordnet ist. Dieser akustische Transponder wird von einem akustischen Sender an der Unterseite des Schiffs angesteuert und somit seinerseits zum Aussenden akustischer Signale veranlasst. Die von einer einzigen Stelle am Gewässerboden ausgehenden akustischen Signale werden von drei Mikrofonen entsprechend der jeweiligen Lage des Schiffs mit einer größeren oder kleineren Phasenverschiebung aufgenommen, welche in einem Computer verarbeitet wird, wodurch die Lage des Schiffs nachkorrigiert werden kann.

[0007] In den Dokumenten DE 23 35 613 A1 und DE 23 35 613 B2 wird ein Verfahren zur Messung von Abständen, Abstandsänderungen und/oder Geschwindigkeitsänderungen relativ sich zueinander bewegender Gegenstände, insbesondere für Fahrzeuge aller Art, beschrieben. Hierbei wird das vom Sender eines ersten Gegenstandes abgestrahlte akustische Signal vom Empfänger eines zweiten Gegenstandes empfangen, in seiner Frequenzlage verändert, und anschließend unmittelbar aktiv reflektiert, um vom Empfänger des ersten Gegenstandes empfangen zu werden. Als besonders geeignet für die Anwendung des Messverfahrens bei Land- und Wasserfahrzeugen wird die Verwendung akustischer Strahlen, insbesondere von Ultraschall, erwähnt. Der Abstand zwischen zwei Fahrzeugen wird so anhand einer Laufzeitbewertung und die relative Geschwindigkeit aus der Dopplerverschiebung bestimmt. Weiter ist angegeben, dass den Signalen Informationen aufmoduliert werden können.

[0008] Zusammenfassend ist aus dem Stand der Technik bekannt, zur Bestimmung des relativen Abstandes und/oder der relativen Bewegung zwischen mindestens zwei Gegenständen von einem ersten Gegenstand der zwei Gegenstände Initialisierungsaussendungen von akustischen Signalen zu erzeugen, die von einem zweiten Gegenstand der zwei Gegenstände empfangen und mittels einer Auswertung als solche erkannt werden. Ferner ist es aus dem Stand der Technik bekannt, Reaktionsaussendungen von akustischen Signalen des zweiten Gegenstandes als unmittelbare Antwort auf die empfangenen akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen zu erzeugen. Dabei werden die akustischen Signale der Reaktionsaussendungen des zweiten Gegenstandes von dem ersten Gegenstand empfangen und zur Bestimmung des relativen Abstandes und/oder der relativen Bewegung zwischen den zwei Gegenständen ausgewertet.

[0009] Nachteilig an der Realisierung klassischer Transponderverfahren im Schall- oder Ultraschallbereich ist die geringe Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls beziehungsweise Ultraschalls im Vergleich zur Übertragung mittels elektromagnetischer Wellen. So beginnen klassische akustische Transponder bereits mit der Abstrahlung von Reaktionsaussendungen, während die Initialisierungssendungen noch nicht vollständig eingetroffen sind. Neben dieser zeitlichen Kollision, die bei einem solchen Transponderverfahren auftritt, finden darüber hinaus zeitliche Kollisionen mit Echos von passiv reflektierenden Objekten statt. Nachteilig ist dabei der hohe Realisierungsaufwand, der bei einer Auswertung der empfangenen akustischen Signale der Reaktionsaussendungen wegen der gleichzeitig beziehungsweise quasigleichzeitig ankommenden empfangenen Echosignale erforderlich ist, die aus passiven Reflektionen der akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen an Umgebungsobjekten stammen. Im normalen Straßenverkehr nutzen mehrere Verkehrsteilnehmer ein und das gleiche Übertragungsmedium. Der erforderliche Aufwand steigt, wenn mehrere Verkehrsteilnehmer in ein und dem gleichen Medium Reaktionsaussendungen auf ein und die gleiche Initialisierungsaussendung generieren sollen. Nachteilig ist weiterhin, wenn jeder Elektro-Akustik-Wandler, der sich an einem Verkehrsteilnehmer befindet, in gleicher Weise auf das Eintreffen jeder Initialisierungsaussendung reagiert.

[0010] Nachteilig an klassischen Transponderverfahren ist weiterhin, dass sie nur für wenige Formen von Initialisierungssignalen geeignet sind. Eine Interoperabilität zwischen verschiedenartigen akustischen Transponderverfahren ist häufig nicht möglich und der Einsatz neuer Technologie, wie aufwändigerer Modulationsverfahren, wird durch bereits vorhandene Transponder nicht unterstützt. Auf öffentlichen Straßen treffen jedoch verschiedenartige Verkehrs-

teilnehmer zusammen, deren Ausstattung sich häufig stark unterscheiden.

[0011] Das Dokument US 5,062,088 A offenbart eine Vorrichtung zur Messung von Abständen zwischen zwei Objekten.

[0012] Die Schrift DE 699 08 628 T2 offenbart eine Näherungsmessvorrichtung zum Einbau in Straßenfahrzeuge zur Messung von deren Abstand voneinander.

[0013] Das Dokument US 2011/0025494 A1 offenbart ein automatisches sensorisches System und Verfahren zur Positionsbestimmung.

Offenbarung der Erfindung

[0014] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Bestimmung des relativen Abstandes und/oder der relativen Bewegung zwischen mindestens zwei Verkehrsteilnehmern, insbesondere zwischen mindestens zwei Fahrzeugen, bereitgestellt, bei dem auf den Empfang von akustischen Signalen, die aus Initialisierungsaussendungen in Form von akustischen Signalen stammen, die von einem ersten Verkehrsteilnehmer ausgesendet wurden, von einem zweiten Verkehrsteilnehmer Reaktionsaussendungen in Form von akustischen Signalen ausgelöst werden, die von dem ersten Verkehrsteilnehmer empfangen und ausgewertet werden. Dabei werden die Reaktionsaussendungen des zweiten Verkehrsteilnehmers nach dem Ablauf mindestens einer den Verkehrsteilnehmern bekannten Verzögerungszeit vorgenommen, die derart lang eingestellt wird, dass von dem ersten Verkehrsteilnehmer empfangene akustische Signale, die aus passiven Reflektionen der Initialisierungsaussendungen des ersten Verkehrsteilnehmers an Umgebungsobjekten stammen, kein Einfluss auf eine von dem ersten Verkehrsteilnehmer vorgenommene Auswertung der mittels mindestens eines Empfängers empfangenen Reaktionsaussendungen des zweiten Verkehrsteilnehmers haben.

[0015] Weiterhin wird erfindungsgemäß eine Vorrichtung zur Bestimmung des relativen Abstandes und/oder der relativen Bewegung zwischen mindestens zwei Verkehrsteilnehmern, insbesondere zwischen mindestens zwei Fahrzeugen, bereitgestellt, die dazu ausgebildet ist, die von mindestens einem Verkehrsteilnehmer der zwei Verkehrsteilnehmer erzeugten Initialisierungsaussendungen von akustischen Signalen mittels mindestens eines Empfängers zu empfangen und mittels einer Auswertung als solche zu erkennen und als Antwort auf die empfangenen Initialisierungsaussendungen des mindestens einen Verkehrsteilnehmer Reaktionsaussendungen von akustischen Signalen zu erzeugen. Ferner ist die Vorrichtung weiter dazu ausgebildet,

die Reaktionsaussendungen von akustischen Signalen mit einer vorbestimmten Signaldauer nach dem Ablauf mindestens einer vorbestimmten und den Verkehrsteilnehmern bekannten Verzögerungszeit zu erzeugen.

[0016] Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

[0017] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden insbesondere anhand der von dem ersten Verkehrsteilnehmer empfangenen akustischen Signale der Reaktionsaussendungen des zweiten Verkehrsteilnehmer Reaktionsaussendungen von akustischen Signalen des ersten Verkehrsteilnehmer nach dem Ablauf mindestens einer den Verkehrsteilnehmern bekannten Verzögerungszeit ausgelöst. Dabei wird diese Verzögerungszeit derartig lange festgelegt, dass die von dem zweiten Verkehrsteilnehmer empfangenen akustischen Signale, die aus passiven Reflektionen der akustischen Signalen der Reaktionsaussendungen des ersten Verkehrsteilnehmers an Umgebungsobjekten stammen, kein Einfluss auf eine von dem zweiten Verkehrsteilnehmer zur Bestimmung des relativen Abstandes und/oder der relativen Bewegung zwischen den zwei Verkehrsteilnehmern durchgeführte Auswertung der von dem zweiten Verkehrsteilnehmer mittels mindestens eines Empfängers empfangenen akustischen Signalen der Reaktionsaussendungen des ersten Verkehrsteilnehmers haben.

[0018] Mit anderen Worten, solche auf dem Empfang einer Initialisierungsaussendung erzeugten Reaktionsaussendungen und optional auch solche als Reaktion auf den Empfang von Reaktionsaussendungen erzeugten weiteren Reaktionsaussendungen mindestens eines Verkehrsteilnehmers, der die akustischen Signale von aktiv generierten Aussendungen (Initialisierungsaussendungen und/oder Reaktionsaussendungen) mindestens eines anderen Verkehrsteilnehmers und optional einer im akustischen Umfeld vorhandenen Schallquelle empfängt und erkennt, werden jeweils nach dem Ablauf einer fest vereinbarten und den entsprechenden Verkehrsteilnehmern bekannten Verzögerungszeit ausgesandt.

[0019] Durch die Verwendung der fest vereinbarten und zumindest den beteiligten Verkehrsteilnehmern bekannten Verzögerungszeit, kann es nur zu Kollisionen von Reaktionsaussendungen beziehungsweise von weiteren Reaktionsaussendungen solcher Verkehrsteilnehmer kommen, die sich in dem gleichen Abstand zu dem die aktiv generierten Aussendungen von akustischen Signalen erzeugenden Verkehrsteilnehmer befinden.

[0020] Wenn im Verkehr mehrere Verkehrsteilnehmer vorhanden sind, können die Reaktionsaus-

sendungen beziehungsweise die weiteren Reaktionsaussendungen von akustischen Signalen als Antwort auf die aktiv generierten Aussendungen des diese erzeugenden Verkehrsteilnehmers beziehungsweise der Schallquelle nach dem Ablauf einer fest vereinbarten, zumindest den beteiligten Verkehrsteilnehmern bekannten und insbesondere jeweils unterschiedlichen Verzögerungszeit erzeugt werden.

[0021] Durch die Verwendung einer fest vereinbarten, zumindest den beteiligten Verkehrsteilnehmern bekannten und jeweils unterschiedlichen Verzögerungszeit, können in einfacher Weise auch Kollisionen von Reaktionsaussendungen solcher Verkehrsteilnehmer vermieden werden, die sich in dem gleichen Abstand zu dem die aktiv generierten Aussendungen von akustischen Signalen erzeugenden Verkehrsteilnehmer befinden. Anders ausgedrückt, es wird durch die pseudozufällige Verwendung einer jeweils anderen Verzögerungszeit aus einem Satz aus einer allen Verkehrsteilnehmern bekannten Menge von sich deutlich unterscheidenden Verzögerungszeiten erreicht, dass die Kollisionswahrscheinlichkeit der Reaktionsaussendungen auch der sich in einem laufzeitmäßig gleichen Abstand befindlichen Verkehrsteilnehmer statistisch sinkt.

[0022] Durch die Verwendung einer fest vereinbarten und zumindest den beteiligten Verkehrsteilnehmern bekannten Verzögerungszeit kann der Verkehrsteilnehmer, der die aktiv generierten Aussendungen von akustischen Signalen veranlasst hat, aus der Laufzeit zwischen dem Zeitpunkt der Veranlassung seiner aktiv generierten Aussendungen und dem Zeitpunkt des Empfangs der akustischen Signalen der als Antwort auf die empfangenen akustischen Signale der aktiv generierten Aussendungen erzeugten Reaktionsaussendungen des anderen Verkehrsteilnehmer auf den Abstand zwischen den beiden Verkehrsteilnehmer in dem Moment des Signalaustausches schließen.

[0023] Erfindungsgemäß werden fest vereinbarte Verzögerungszeiten verwendet, die derartig lang sind, dass alle Echos auch von potentiell weit entfernten passiv reflektierenden Objekten aus der Umgebung bereits dichter beim empfangenden Verkehrsteilnehmer sind. Dadurch werden Kollisionen der akustischen Signale der entsprechenden Reaktionsaussendungen mit Echos von passiv reflektierenden Umgebungsobjekten in einfacher Weise auf ein Minimum reduziert. Dadurch, dass während einer erfindungsgemäßen Auswertung der empfangenen akustischen Signalen der Reaktionsaussendungen, keine weitere Auswertung von gleichzeitig oder quasi gleichzeitig empfangenen Echos von passiv reflektierenden Umgebungsobjekten erfolgen muss, reduziert sich der bei der erfindungsgemäßen Auswertung der akustischen Signalen der Reak-

tionsaussendungen erforderlichen Realisierungsauswand einer entsprechenden Auswerteeinheit erheblich.

[0024] Durch die Verwendung der erfindungsgemäßen Verzögerungszeiten wird ferner die Laut-Leise-Problematik (laute Reaktionsaussendungen gegenüber leisen Echos der passiven Reflexionen) entschärft. Dabei können die entsprechenden Auswerteeinheiten der Verkehrsteilnehmer, die die akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen oder Reaktionsaussendungen anderer Verkehrsteilnehmer empfangen, zunächst auf den Empfang von leisen Echos, die aus passiven Reflexionen der akustischen Signale dieser Initialisierungsaussendungen oder Reaktionsaussendungen stammen, eingestellt werden. Dieselbe Auswerteeinheiten können dann ferner, wenn keine Echos mehr eintreffen, das heißt, nach dem Ablauf der erfindungsgemäßen Verzögerungszeiten, auf den Empfang von lauten akustischen Signale der als Reaktion auf die empfangenen akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen erzeugte Reaktionsaussendungen oder auf den Empfang von lauten akustischen Signale der als Reaktion auf die empfangenen akustischen Signale der Reaktionsaussendungen erzeugte weitere Reaktionsaussendungen eingestellt werden. Damit wird dann die Detektionswahrscheinlichkeit sowohl von leisen Echos als auch von lauten Reaktionsaussendungen erhöht, wodurch die vorhin genannte Laut-Leise-Problematik deutlich entschärft werden kann.

[0025] Erfindungsgemäß wird somit ein Verfahren zur Bestimmung der Position und/oder der Bewegung akustisch aktiv aussendenden Verkehrsteilnehmern und/oder optional auch von passiv reflektierenden Objekten in der Umgebung von Bewegungshilfsmitteln mittels akustischer Signalen bereitgestellt. Die Bewegungshilfsmittel können beispielsweise als Krankenfahrräder, Segways, Fahrräder, Elektroautos, andere Fahrzeuge wie beispielsweise Autos, Busse und Lastkraftwagen (LKW) ausgebildet sein. Dabei werden die Bediener des Bewegungshilfsmittels und/oder anderer Verkehrsteilnehmer insbesondere mittels akustischer und/oder optischer Signale über die Verkehrssituation informiert, beziehungsweise gewarnt. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann ferner die vorgesehene räumliche Bewegung, wie beispielsweise der Geschwindigkeitsverlauf bezüglich eines Koordinatensystems, automatisch durch Bremsen, Beschleunigen sowie Lenken zumindest unterstützend beeinflusst werden. Auch können Einrichtungen, die die Folgen von ungeeigneten Bewegungen im Verkehr, insbesondere von Unfällen, reduzieren, wie beispielsweise Gurtstraffer, Fensterheber, Airbags und/oder Anstelleneinrichtungen für Motorhauben, in ihrer Funktionsweise beeinflusst beziehungsweise aktiviert werden. Insbesondere erkennt zumindest

ein akustisch aktiver Verkehrsteilnehmer mindestens ein charakteristisches Merkmal der nachrichtentechnisch und/oder funktionsbedingt erzeugten akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen zumindest eines anderen akustisch aktiven Verkehrsteilnehmers und/oder zumindest einer anderen sich in der Umgebung der akustisch aktiven Verkehrsteilnehmer befindlichen Schallquelle und sendet daraufhin nach einer Verzögerungszeit für eine beschränkte Zeit eine akustische Reaktionsaussendung aus, die bevorzugt eine eindeutige Beziehung zu der Initialisierungsaussendung aufweist. Dabei wird mindestens ein charakteristisches Merkmal wie beispielsweise die Signalstärke und/oder der Zeitverlauf der Signalstärke (beispielsweise in Form eines Pulsmusters) und/oder der Zeitverlauf der Signalfrequenz beziehungsweise des Signalfrequenzgemisches verwendet. Erfindungsgemäß reagiert der Verkehrsteilnehmer, der die Initialisierungsaussendung ausgesandt hat, auf den Empfang mindestens einer Reaktionsaussendung in gleicher Weise durch ein Aussenden einer weiteren Reaktionsaussendung. Sowohl die akustisch aktiv aussendenden Verkehrsteilnehmer als auch solche Verkehrsteilnehmer, die die im Umfeld auftretenden akustischen Signale nur empfangen und auswerten, können zur Bestimmung der Position und/oder der Bewegung von akustisch aktiv aussendenden Verkehrsteilnehmern und/oder von passiv reflektierenden Objekten aus der Umgebung sowohl die ausgesandten Initialisierungsaussendungen die ausgesandten Reaktionsaussendungen und optional auch die ausgesandten und als Reaktion auf den Empfang von Reaktionsaussendungen erzeugten weiteren Reaktionsaussendungen als auch die dabei jeweils entstehenden Echos von passiv reflektierenden Objekten nutzen.

[0026] Vorzugsweise wird bei mindestens einer zur Bestimmung des relativen Abstandes und/oder der relativen Bewegung zwischen mindestens zwei Verkehrsteilnehmern durchgeführten Auswertung der akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen eines initialisierenden Verkehrsteilnehmers und/oder der Reaktionsaussendungen mindestens eines der zwei Verkehrsteilnehmer mindestens ein charakteristisches Merkmal der akustischen Signale dieser Initialisierungsaussendungen und/oder dieser Reaktionsaussendungen, wie vorzugsweise die Signalstärke und/oder der Zeitverlauf der Signalstärke (zum Beispiel in Form eines Pulsmusters) und/oder die Signalfrequenz und/oder der Zeitverlauf der Signalfrequenz oder des Signalfrequenzgemisches der entsprechenden akustischen Signalen, verwendet.

[0027] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist dem die Initialisierungsaussendungen erzeugenden Verkehrsteilnehmer ferner bekannt, welche Verzögerungszeit (Delay) zwischen dem Zeitpunkt des Erfüllens des mindestens einen charakteristischen Merkmals der akustischen Signalen seiner

Initialisierungsaussendungen und dem Beginn der Reaktionsaussendungen der die akustischen Signalen der Initialisierungsaussendungen empfangenden Verkehrsteilnehmer einhält. Damit kann der initialisierende Verkehrsteilnehmer aus der Gesamtlaufzeit der akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen und der entsprechenden Reaktionsaussendungen auf den Abstand zwischen den beiden Verkehrsteilnehmern schlussfolgern.

[0028] Um die Kollisionswahrscheinlichkeit zwischen den Reaktionsaussendungen mehrerer insbesondere auf dieselben Aussendungen eines Verkehrsteilnehmer reagierenden Verkehrsteilnehmer zu reduzieren, werden vorzugsweise einige unterschiedliche Verzögerungszeiten (Delays) aus einem Satz von vereinbarten Verzögerungszeiten für diese Reaktionsaussendungen verwendet.

[0029] Um die Kollisionswahrscheinlichkeit der akustischen Signalen der Reaktionsaussendungen mehrerer Verkehrsteilnehmer zu reduzieren, ist bei einer besonders vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens die Signaldauer der akustischen Signale der Reaktionsaussendungen mindestens eines Verkehrsteilnehmers kleiner als ein vorbestimmter Bruchteil der Signaldauer der akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen des initialisierenden Verkehrsteilnehmers (erster Verkehrsteilnehmer).

[0030] Insbesondere ist/sind mindestens eine Signaldauer und/oder mindestens eine Frequenz oder mindestens ein Frequenzverlauf der akustischen Signale der Reaktionsaussendungen mindestens eines Verkehrsteilnehmers zumindest den die akustischen Signalen dieser Reaktionsaussendungen empfangenden Verkehrsteilnehmern bekannt.

[0031] Mit anderen Worten, werden insbesondere auch bei dauerhafter Erfüllung mindestens eines charakteristischen Merkmals der akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen eines Verkehrsteilnehmers nur zeitlich begrenzte Reaktionsaussendungen von akustischen Signalen von den empfangenden Verkehrsteilnehmern erzeugt. Insbesondere kann die anteilige Sendedauer solcher Reaktionsaussendungen weniger als 1% betragen. Ist beispielsweise das mindestens eine zu erfüllende charakteristische Merkmal der akustischen Signale einer Initialisierungsaussendung die Signalstärke, so kann eine die Initialisierungsaussendung erzeugende Dauerschallquelle eine Reaktionsaussendung, die eine gelegentliche kurzzeitige Wiedergabe (Replay) der Dauerschallquelle umfasst, bewirken.

[0032] Um eine weitere Reduzierung der Kollisionswahrscheinlichkeit zwischen den Reaktionsaussendungen mehrerer insbesondere auf dieselben Aussendungen eines Verkehrsteilnehmers

reagierenden Verkehrsteilnehmer zu erreichen, werden für diese Reaktionsaussendungen vorzugsweise einige unterschiedliche Reaktionsaussendungsauern aus einem Satz von vereinbarten Reaktionsaussendungsauern (Replay-Dauern) verwendet.

[0033] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden in den akustischen Signalen der Reaktionsaussendungen mindestens eines Verkehrsteilnehmers Informationen, die diese Reaktionsaussendungen betreffen, aufmoduliert, insbesondere Informationen umfassend die für diese Reaktionsaussendungen verwendete Verzögerungszeit und/oder die Signaldauer und/oder die Signalfrequenz oder der Signalfrequenzverlauf der entsprechenden akustischen Signale.

[0034] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens weisen die akustischen Signale der Reaktionsaussendungen mindestens eines Verkehrsteilnehmers eine eindeutige Beziehung zu den Initialisierungsaussendungen des initialisierenden Verkehrsteilnehmers auf. Vorzugsweise weist die Signalstärke und/oder der Signalverlauf der akustischen Signale der Reaktionsaussendungen mindestens eines Verkehrsteilnehmers eine eindeutige Beziehung zu der Signalstärke und/oder zu dem Signalverlauf der akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen des initialisierenden Verkehrsteilnehmers, die insbesondere einen zeitveränderlichen Frequenzverlauf haben, auf.

[0035] Dabei umfassen die akustischen Signale der Reaktionsaussendungen bevorzugt jeweils einen vorbestimmten Signalausschnitt der akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen, wobei die vorbestimmten Signalausschnitte in zeitlich inverser Reihenfolge (umgangssprachlich „rückwärts abspielend“) oder in unveränderter zeitlicher Reihenfolge in der gleichen Wiedergabegeschwindigkeit und/oder in einer anderer Abspielgeschwindigkeit (und damit mit anderer Signalfrequenz als die akustischen Signalen der Initialisierungsaussendungen des initialisierenden Verkehrsteilnehmers) ausgesendet werden. Die veränderte Abspielgeschwindigkeit wird nachrichtentechnisch insbesondere durch die Verwendung einer gegenüber dem Aufnehmen veränderte Samplerate realisiert.

[0036] Die Verwendung einer anderen Abspielgeschwindigkeit für die akustischen Signale der Reaktionsaussendungen hat den Vorteil, dass die akustischen Signale der Reaktionsaussendungen von den akustischen Signalen der Initialisierungsaussendungen durch Filtern technisch leicht voneinander trennbar sind. Insbesondere wird für die Signalform der akustischen Signale der Reaktionsaussendungen eine durch Codierung bestimmte Signalform verwen-

det, die beispielsweise mittels einer Zuordnungstabelle oder durch eine Algebra realisiert wird.

[0037] Um eine leichte Trennung der akustischen Signale der Reaktionsaussendungen mehrerer insbesondere auf dieselben Aussendungen eines Verkehrsteilnehmers reagierenden Verkehrsteilnehmer, werden für die Abspielgeschwindigkeiten der akustischen Signale dieser Reaktionsaussendungen einige unterschiedliche aus einem Satz von vereinbarten Abspielgeschwindigkeiten verwendet.

[0038] Um eine weitere Reduzierung der Kollisionswahrscheinlichkeit zwischen den Reaktionsaussendungen mehrerer insbesondere auf dieselben Aussendungen eines Verkehrsteilnehmers reagierenden Verkehrsteilnehmer zu erreichen, wird vorzugsweise die Verzögerungszeit, die anteilige Sendedauer, die Reaktionsaussendungsdauer, die Stärke des Signals, die Abspielreihenfolge, und/oder die Abspielgeschwindigkeit vorzugsweise in Abhängigkeit von dem Nutzungsgrad des akustischen Mediums durch andere Verkehrsteilnehmer und/oder durch andere Schallquellen und/oder in Abhängigkeit von der Eigengeschwindigkeit des aussendenden Verkehrsteilnehmers und/oder von der relativen Position und/oder von der relativen Bewegung anderer Objekte und/oder Verkehrsteilnehmer variiert.

[0039] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nimmt zumindest ein empfangender Verkehrsteilnehmer die akustischen Signale der aktiven Aussendungen zumindest eines anderen Verkehrsteilnehmers vorzugsweise mittels mindestens zwei Empfangssystemen auf und wertet die Unterschiede der empfangenen akustischen Signale der aktiven Aussendungen bezüglich relativer Position und/oder relativer Bewegung insbesondere anhand der Laufzeitunterschiede, der Dopplerverschiebung, und/oder der Signalstärke aus. Zusätzlich kann dieser Verkehrsteilnehmer bevorzugt auch die bei ihm eintreffenden Echos, das heißt, auch die akustischen Signale, die nach akustischen Aussendungen infolge passiver Reflexion an reflektierenden Objekten entstanden sind, mit auswerten. Dabei werden aus den Signalveränderungen während des Übertragungsweges entweder zumindest die räumliche Beziehung zwischen aussendendem und empfangendem Verkehrsteilnehmer und/oder den passiv schallreflektierenden Objekten bestimmt und/oder eine Aussage über die Relativbewegung zwischen den Verkehrsteilnehmern und/oder den passiv schallreflektierenden Objekten vorgenommen und/oder auf die Verkehrsbedingungen zwischen den Verkehrsteilnehmern, insbesondere auf die Position und/oder die Form der sich dazwischen befindlichen anderen Verkehrsteilnehmer oder ortsfesten Objekte, wie Bäume, und/oder auf die Fahrbahnbeschaffenheit, usw. geschlussfolgert.

[0040] Insbesondere kann jeder Verkehrsteilnehmer sowohl Initialisierungsaussendungen von akustischen Signalen vornehmen als auch mit Reaktionsaussendungen von akustischen Signalen auf die empfangenen akustischen Signale aktiver Aussendungen anderer Verkehrsteilnehmer reagieren.

[0041] Erfindungsgemäß wird auch ein Fahrzeugassistenzsystem mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung des relativen Abstandes und/oder der relativen Bewegung zwischen mindestens zwei Verkehrsteilnehmern, insbesondere zwischen mindestens zwei Fahrzeugen, bereitgestellt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0042] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnungen im Detail beschrieben. In der Zeichnungen ist:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Verkehrssituation, in der ein erster, initialisierender Verkehrsteilnehmer Initialisierungsaussendungen von akustischen Signalen erzeugt, die wiederum bei einem zweiten, die akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen empfangenden Verkehrsteilnehmer Reaktionsaussendungen von akustischen Signalen auslöst,

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Lage des möglichen Dopplerbandes der akustischen Signale einer Reaktionsaussendung eines reagierenden Verkehrsteilnehmers im Vergleich zu der Lage des Dopplerbandes der ursprünglichen akustischen Signale der Initialisierungsaussendung des initialisierenden Verkehrsteilnehmers für eine gegenüber der Aufnahmegeschwindigkeit 1,5-fachen Abspielgeschwindigkeit.

Ausführungsformen der Erfindung

[0043] **Fig. 1** verdeutlicht das erfindungsgemäße Verfahren (Autoreplay Protokoll) beispielhaft für eine Verkehrssituation, in der nur zwei Verkehrsteilnehmer T1 und T2 von vielen möglichen akustisch aktiven Verkehrsteilnehmern dargestellt sind. Der erste Verkehrsteilnehmer T1 umfasst einen Signalgenerator 10 zum Generieren von akustischen Signalen 11, eine Sendeeinrichtung 20 zum Aussenden akustischer Signale, eine Empfangseinrichtung 30 zum Empfangen von akustischen Signalen 31, sowie zumindest eine Auswerteeinrichtung 40 zur Auswertung der empfangenen akustischen Signale 31.

[0044] Der zweite Verkehrsteilnehmer T2 umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung 100 mit zumindest einer Empfangseinrichtung 50 zum Empfangen

von akustischen Signalen 51, einer Sendeeinrichtung 60 zum Aussenden von akustischen Signalen, sowie zumindest einer Steuereinrichtung 70 zum Detektieren der eintreffenden akustischen Signale 51 anhand von die akustischen Signale 51 charakterisierenden Merkmalen und zur Veranlassung des Aussendens akustischer Signale 71 infolge der eingetroffenen Signale 51 nach einer Verzögerungszeit TD. Die Steuereinrichtung 70 ist insbesondere derartig ausgebildet, dass die von dem zweiten Verkehrsteilnehmer T2 erzeugten akustischen Signale 71, die als Reaktion des zweiten Verkehrsteilnehmers T2 auf die empfangenen und von dem ersten Verkehrsteilnehmer T1 oder einer im Umfeld befindlichen akustischen Signalquelle erzeugten akustischen Signale 51 erzeugt und ausgesendet wurden, von dem ersten Teilnehmer T1 deutlich von den klassischen Echos an passiv reflektierenden Objekten unterschieden und dadurch als Reaktionsaussendungen 71 des zweiten Verkehrsteilnehmers T2, die auf die aktiven Aussendungen von akustischen Signalen 11 des ersten Verkehrsteilnehmers T1 hin vorgenommen wurden, erkannt werden.

[0045] Optional kann ferner der Verkehrsteilnehmer T1, der die ursprüngliche Initialisierungsaussendung 11 generiert hatte, eine Steuereinrichtung (nicht dargestellt) enthalten, die abhängig von den mittels der Empfangseinrichtung 30 empfangenen Signalen 31 erfindungsgemäß weitere Reaktionsaussendungen (nicht dargestellt) generiert, die ebenfalls von den im Umfeld befindlichen Verkehrsteilnehmern, wie beispielsweise der Verkehrsteilnehmer T2, empfangen und ausgewertet werden. Auch können die generierten weiteren Reaktionsaussendungen bevorzugt mit weiteren empfangenen akustischen Signalen und/oder mit weiteren über weitere Medien ausgetauschten Signalen, die das Vorhandensein und das Bewegungsverhalten von weiteren Verkehrsteilnehmern und/oder von passiv reflektierenden Objekten charakterisieren, mittels Sensordatenfusion in Verbindung gesetzt werden.

[0046] Ferner kann neben dem ersten Verkehrsteilnehmer T1 auch der zweite Verkehrsteilnehmer T2 eine Auswerteeinrichtung (nicht dargestellt) zur Auswertung der durch die Empfangseinrichtung 50 empfangenen akustischen Signale 51 aufweisen. Schraffiert dargestellt ist das Schallmedium 80, über das die akustisch kommunizierenden Verkehrsteilnehmer T1, T2 miteinander verbunden sind.

[0047] In der **Fig. 1** ist mit TP1 die Pulsdauer der von dem ersten Verkehrsteilnehmer T1 mittels der Sendeeinrichtung 20 ausgesendeten akustischen Signale 11 gekennzeichnet. Mit T12 ist die Zeit gekennzeichnet, die zur Übertragung des akustischen Signales 11 des ersten Verkehrsteilnehmers T1 bis zum Beginn der Erkennung des zweiten Verkehrsteilnehmers T2 durch die Steuereinrichtung 70 erforderlich

lich ist. Ferner ist mit TP1 die Pulsdauer der von dem ersten Verkehrsteilnehmer T1 oder einer äquivalenten Signalquelle (nicht dargestellt) mittels der Sendeeinrichtung 20 ausgesendeten und mittels der Empfangseinrichtung 50 des zweiten Verkehrsteilnehmers T2 empfangenen akustischen Signale 51 gekennzeichnet. Mit TP2 ist weiterhin die Pulsdauer der von der Steuereinrichtung 70 des zweiten Verkehrsteilnehmers T2 als Reaktion auf die empfangenen akustischen Signale 51 der Aussendungen des ersten Verkehrsteilnehmers T1 erzeugten akustischen Signale 71 gekennzeichnet. Mit TD ist die Verzögerungszeit gekennzeichnet, die zwischen dem Beginn der Erkennung der von dem ersten Verkehrsteilnehmer T1 mittels der Sendeeinrichtung 20 ausgesendeten und von dem zweiten Verkehrsteilnehmer T2 mittels der Empfangseinrichtung 50 empfangenen akustischen Signale 51 und der Auslösung der Reaktionsaussendungen der akustischen Signale 71 des zweiten Verkehrsteilnehmers T2 verstreicht. Ferner ist mit dem Bezugszeichen T21 die Zeit gekennzeichnet, die zwischen dem Beginn der Aussendung der von dem zweiten Verkehrsteilnehmer T2 erzeugten akustischen Signale 71 bis zum Beginn des Empfangs mittels der Empfangseinrichtung 30 des ersten Verkehrsteilnehmers T1 verstreicht. Die Pulsdauer der von dem zweiten Verkehrsteilnehmer T2 ausgesendeten und mittels der Empfangseinrichtung 30 des ersten Verkehrsteilnehmers T1 empfangenen akustischen Signale 31 ist mit TP21 gekennzeichnet.

[0048] Bei einer bevorzugten Ausprägung steuert die Steuereinrichtung 70 anhand der empfangenen Signale 51 das Aussenden der Reaktionsaussendungen 71 anhand von Merkmalen der empfangenen Signale 51 der Initialisierungsaussendungen, wie beispielsweise der Signalstärke, des Zeitverhaltens der Signalstärke (zum Beispiel in Form eines Pulsmusters) und/oder des Zeitverlaufs der Signalfrequenz beziehungsweise des Signalfrequenzgemisches. Bei einer bevorzugten weiterentwickelten Ausprägung kann die optional zusätzlich vorhandene Steuereinrichtung (nicht dargestellt) dazu ausgebildet sein, weitere Reaktionsaussendungen (nicht dargestellt) des Verkehrsteilnehmers T1, der ursprünglich die Initialisierungsaussendungen 11 generiert hatte, als Reaktion auf den Empfang der anhand von charakteristischen Merkmalen ausgewerteten akustischen Signale 31 der Reaktionsaussendungen 71 zu erzeugen. Aufgrund der Äquivalenz zu der vorherigen bevorzugten Ausprägung bezüglich der Steuereinrichtung 70 wird darauf im Folgenden nicht mehr gesondert auf die genannte weiterentwickelte Ausprägung bezüglich der zusätzlichen Steuereinrichtung (nicht dargestellt) eingegangen.

[0049] Die Initialisierungssignale 11 können optional nicht vom Verkehrsteilnehmer T1, sondern von einer anderen, im akustischen Umfeld befindlichen Schall-

quelle, stammen. Auch können die Initialisierungssignale 11 funktionsbedingten Schall, wie beispielsweise Motorgeräusche oder das Quietschen von Bremsen, oder andere akustische Signale, wie beispielsweise das Piepen von Verkehrsampeln, Tritt- oder Fahrgeräusche, Geräusche von Lüftern an Bauwerken, Baulärm, umfassen.

[0050] Bei einer bevorzugten Ausprägung sind die Steuereinrichtungen 70 und/oder die optional zusätzlich vorhandenen Steuereinrichtungen bevorzugt dazu ausgebildet, die Dauer TP1 bzw. TP2 der ausgesendeten akustischen Signale 11, 71 und/oder die Häufigkeit mit der die akustischen Signale 11, 71 ausgesendet werden zu begrenzen, beispielsweise auch wenn die charakteristischen Merkmale von empfangenen akustischen Signalen 31, 51 längere Zeit oder sogar dauerhaft erfüllt sind. Vorteilhaft dabei ist, dass das Schallmedium 80 nur anteilig genutzt wird, und somit die Kollisionswahrscheinlichkeit mit akustischen Signalen, die aus Aussendungen weiterer aktiv aussendender Verkehrsteilnehmer stammen, und/oder mit Echos, die infolge von Reflexionen akustischer Signale an passiv reflektierende Objekte entstehen, sinkt. Bisher bewährt hat sich das Verhältnis von Sendedauer zu Sendepausen von 1%. Wenn viele Verkehrsteilnehmer T1, T2 ein und das gleiche Schallmedium 80 nutzen, so enthalten die vielen, zwischen den Verkehrsteilnehmern T1, T2 ausgetauschten akustischen Signale 31, 51 sowie die zugehörigen Echos derart viele, zumeist redundante Informationen, dass eine zuverlässige Umfeldüberwachung auch bei einem Verhältnis von Sendedauern zu Sendepausen pro Elektro-Akustik-Wandler von deutlich unter 1 % bis hin zu unter 0,1 % möglich ist. Auch bei sich nur langsam ändernden Szenen, wie sie beispielsweise während des langsamen Einfahrens in eine Parklücke üblich sind, genügt zumeist eine kleine Sendehäufigkeit. Bei hohen Fahrgeschwindigkeiten und insbesondere, wenn nur wenige akustisch aktive Verkehrsteilnehmer T1, T2 das Medium 80 akustisch beschallen, ist jedoch auch eine größere Häufigkeit von akustischen Aussendungen insbesondere solcher Elektro-Akustik-Wandler (nicht separat dargestellt), deren Ausrichtung vorwiegend entlang der voraussichtlichen Fahrstrecke verläuft, sinnvoll. Dies gilt insbesondere dann, wenn eine Aufteilung des Schallmediums 80 zum Beispiel durch Frequenz-, Code- und/oder Signalstärkemultiplex möglich ist. Unter diesen Umständen kann auch eine Aussendehäufigkeit pro Elektro-Akustik-Wandler von mehr als 10% sinnvoll sein.

[0051] Bei einer sehr bevorzugten Ausprägung ist die Verzögerungszeit TD zwischen dem Beginn des Eintreffens eines Initialisierungssignals 51 und dem Beginn des Aussendens eines Reaktionssignals 71, unabhängig von der Signalstärke und unabhängig von einer Signalveränderung infolge einer Dopplerverschiebung. Ferner ist diese Verzögerungszeit TD

allen Verkehrsteilnehmern T1, T2, die die akustischen Aussendungen gemäß diesem erfindungsgemäßigen Verfahren beziehungsweise Autoreplay-Protokoll zur Bestimmung der Position und/oder Bewegung anderer Verkehrsteilnehmer T2, T1 nutzen, bekannt. Auf diese Weise kann jeder Verkehrsteilnehmer T1, T2, der die im Schallmedium 80 ausgetauschten akustischen Signale aufnimmt, aus den Signallaufzeiten insbesondere zwischen einer Initialisierungsaussendung 11 und einer Reaktionsaussendung 71, wenn sich nur zwei akustisch aktive Verkehrsteilnehmer T1, T2 in dem Schallmedium 80 befinden, beziehungsweise auch aus den Signallaufzeiten zwischen Reaktionsaussendungen 71, wenn sich im Schallmedium 80 mehr als zwei akustisch aktive Verkehrsteilnehmer T1, T2 befinden, auf die räumlichen Beziehungen zwischen den akustisch aktiv agierenden Verkehrsteilnehmern T1, T2 und/oder zwischen den passiv reflektierenden Objekte (nicht dargestellt), die sich im Schallmedium 80 befinden, schlussfolgern.

[0052] Bei einer weiteren bevorzugten Ausprägung weist die Signalstärke der Initialisierungsaussendung zumindest auf der akustischen Hauptstrahlrichtung eines Elektro-Akustik-Wandlers einen festen Wert oder aber mehrere, deutlich voneinander unterscheidbare und allen Verkehrsteilnehmern T1, T2 bekannte Signalstärkewerte auf.

[0053] Als Richtcharakteristik wird hier die räumliche Verteilung der Signalstärke bezüglich des Elektro-Akustik-Wandlers bezeichnet. In einer weiteren bevorzugten Ausprägung ist zumindest einem empfangenden Verkehrsteilnehmer T2, T1 die Richtcharakteristik eines sendenden Verkehrsteilnehmers T1, T2 bekannt. Dies wird beispielsweise dadurch erreicht, dass alle Elektro-Akustik-Wandler (nicht separat dargestellt) die gleiche Richtcharakteristik verwenden, oder aber dass in den ausgetauschten Nachrichten, insbesondere in den ausgetauschten akustischen Nachrichten, die Information über die verwendete Richtcharakteristik des sendenden Elektro-Akustik-Wandlers (nicht separat dargestellt) und/oder über die ausgesandte Signalstärke übermittelt werden.

[0054] Bei einer weiteren bevorzugten Ausprägung verändert sich das Verhältnis der Signalstärke der empfangenen Signale 51 der Initialisierungsaussendungen und der empfangenen akustischen Signalen 31 der zugehörigen Reaktionsaussendung 71 und/oder einer weiteren als Reaktion auf eine empfangene Reaktionsaussendung 71 erzeugten Reaktionsaussendung (nicht dargestellt) nach Regeln, die zumindest einigen Verkehrsteilnehmern T1, T2 bekannt sind. Ferner verändert sich dieses Verhältnis bevorzugt unabhängig von der Signalveränderung infolge einer Dopplerverschiebung. Weiterhin sind in den Reaktionsaussendungen 71 bevorzugt Informatio-

nen über die Stärke des empfangenen Signals 51 der Initialisierungsaussendungen enthalten. Bei einer bevorzugten Ausprägung ist das Verhältnis zwischen den Signalstärken der Initialisierungsaussendung 11 und der jeweils zugehörigen Reaktionsaussendung 71 beziehungsweise der weiteren als Reaktion auf empfangene Reaktionsaussendungen 71 erzeugten Reaktionsaussendungen (nicht dargestellt) fest. Bei dieser Realisierungsvariante verringert sich die Kollisionswahrscheinlichkeit der Reaktionsaussendungen 71 mit Abnahme der Signalstärke der empfangenen akustische Signale 51 der Initialisierungsaussendung, und in dem Empfangssignal des Verkehrsteilnehmers T1, der die Initialisierungsaussendung 11 ausgestrahlt hatte, ist der Einfluss der Übertragungsdämpfung zwischen den beiden Verkehrsteilnehmern T1, T2 bereits quadratisch als Information enthalten.

[0055] Bei einer alternativen Realisierungsvariante wird die Reaktionsaussendung 71 stets mit größtmöglicher Signalstärke ausgesandt. Die Kollisionswahrscheinlichkeit der Reaktionsaussendungen 71 wird von der Signalstärke der empfangenen akustischen Signalen 51 der Initialisierungsaussendung nicht beeinflusst, die Übertragungreichweite ist im Vergleich zur vorgenannten Realisierungsvariante höher, weil der Einfluss der Übertragungsdämpfung zwischen den beiden Verkehrsteilnehmern T1, T2 nur einfach und nicht quadratisch enthalten ist.

[0056] Bei bekannten Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums 80 kann in einem der vorgenannten Realisierungsvarianten von der Signalstärke auf geometrische Beziehungen zwischen den Verkehrsteilnehmern geschlussfolgert werden, insbesondere, weil die in den Sensoren verwendeten Elektro-Akustik-Wandler üblicherweise durch eine Richtcharakteristik gekennzeichnet sind. So kann unter diesen Bedingungen allein aus der Empfangssignalstärke eines ausgesandten Signals 11, 71, das von einem Verkehrsteilnehmer T1, T2 mit nur mit einem empfangenden Elektro-Akustik-Wandler aufgenommen wird, bereits die Gesamtdämpfung des sendenden und des empfangenden Elektro-Akustik-Wandlers bestimmt werden. Umfasst der Empfänger 30, 50 mindestens zwei empfangende Elektro-Akustik-Wandler (nicht separat dargestellt) und sind die beiden Elektro-Akustik-Wandler laufzeitmäßig voneinander entfernt, kann aus den unterschiedlichen Stärken der Empfangssignale in Verbindung mit den unterschiedlichen Laufzeiten die räumliche Ausrichtung des sendenden Elektro-Akustik-Wandlers des sendenden Verkehrsteilnehmers T1, T2 zum empfangenden Elektro-Akustik-Wandler des Verkehrsteilnehmers T2, T1 von dem die Richtcharakteristik bekannt ist, bestimmt werden. Ist die Position des sendenden Elektro-Akustik-Wandlers an dem sendenden Verkehrsteilnehmer T1, T2 bekannt, kann auf diese Weise allein mittels einer Nachricht die räum-

liche Beziehung einschließlich der Ausrichtung der Elektro-Akustik-Wandler zueinander und somit der Verkehrsteilnehmer T1, T2 zueinander bestimmt werden.

[0057] Sofern sich die Szene nicht oder nur vernachlässigbar langsam ändert, enthalten nachfolgend ausgetauschte akustische Informationen die räumlichen Beziehungen der sich im Schallmedium 80 befindlichen Verkehrsteilnehmer T1, T2 äquivalent als redundante Informationen, anderenfalls als neue Informationen über die sich ändernden räumlichen Verhältnisse.

[0058] Bei einer weiteren bevorzugten Ausprägung werden die durch die Übertragung in dem Schallmedium 80 empfangene Signale 31 einer Initialisierungsaussendung 11 und/oder die durch die Übertragung in dem Schallmedium 80 empfangene Signale 51 einer Reaktionsaussendung 71 anhand von charakteristischen Merkmalen wie die Signalstärke ausgewertet.

[0059] Überschreitet beispielsweise die Signalstärke der von dem Verkehrsteilnehmer T2 empfangenen akustischen Signale 51 der Initialisierungsaussendung des Verkehrsteilnehmers T1 oder einer im akustischen Umfeld befindlichen Schallquelle eine vorbestimmte Schwelle, die beispielsweise abhängig von der Signalstärke des Rauschens eingestellt wird, so zeichnet der Verkehrsteilnehmer T2 dieses akustische Signal 51 in einer besonders bevorzugten Ausprägung durch Abtasten als zeitdiskretes Signal auf. Nach einer fest vereinbarten Dauer TD, die unterschiedliche Längen TD1, TD2 aufweisen kann, sendet der zweite Verkehrsteilnehmer T2 zumindest einen fest vereinbarten zeitlichen Ausschnitt aus, beispielsweise den Anfang zumindest eines der zuvor von dem Verkehrsteilnehmer T2 empfangenen und aufgenommenen akustischen Initialisierungssignals 51. Insbesondere wird der auszusendende Signalausschnitt 71 verstärkt, bevorzugt in zeitlich umgekehrter Reihenfolge, was heißt, dass der zuletzt empfangene Signalabschnitt zuerst gesendet wird. Dies geschieht bevorzugt in einer anderen Abspielgeschwindigkeit, was heißt, dass der auszusendende Signalausschnitt 71 auf einer anderen Frequenz gesendet wird. Damit kann dieser wiederum von den akustischen Signalen 11 der Aussendungen des ersten Verkehrsteilnehmers T1 mittels einer Filterung aufwandsarm getrennt werden.

[0060] Bei einer sehr vorteilhaften Ausführung weisen die Reaktionsaussendungen 71 von dem Verkehrsteilnehmer T2 und/oder von mindestens einem weiteren Verkehrsteilnehmer (nicht dargestellt) eine eindeutige Beziehung zu den Initialisierungsaussendungen von dem Verkehrsteilnehmer T1 auf. Beispielsweise kann dabei einen Signalausschnitt der Aussendungen von dem Verkehrsteilnehmer T1 in

den Reaktionsaussendungen 71 in zeitlich inverser Reihenfolge (umgangssprachlich „rückwärts abspielend“) oder in unveränderter zeitlicher Reihenfolge und wahlweise in gleicher Wiedergabegeschwindigkeit oder in anderer Abspielgeschwindigkeit und damit in anderer Frequenzlage als der von dem Verkehrsteilnehmer T1 ausgesandte Frequenzlage wiedergegeben werden. Das Speichern von Signalausschnitten kann bevorzugt durch Abtasten realisiert werden. Ferner kann dann die Wiedergabe in geänderter Frequenzlage bevorzugt mittels einer veränderten Abspielgeschwindigkeit der Abtastwerte realisiert werden. Alternativ wird die in den Reaktionsaussendungen 71 verwendete Signalform durch eine Codierung bestimmt, was beispielsweise mittels einer Zuordnungstabelle oder durch eine Algebra realisiert werden kann.

[0061] Erfindungsgemäß kann durch eine Variation der Abtastfrequenz beim Senden im Verhältnis zur Abtastfrequenz beim Empfangen die Frequenzlage und die Pulsdauer der Reaktionsaussendungen 71 der auf mindestens ein empfangenes Initialisierungssignal (Initialisierungsnachricht) 51 reagierenden Verkehrsteilnehmer, wie beispielsweise des Verkehrsteilnehmers T2, variiert werden. Beispielsweise wird durch doppelt so schnelles Aussenden der akustischen Signale 71 der Reaktionsaussendungen des zweiten Verkehrsteilnehmers T2 das Schallmedium 80 nur halb so lange benötigt, als wenn dieselben Signale 71 mit der Abspielgeschwindigkeit ausgesendet werden, mit der sie aufgenommen wurden. Befinden sich im Medium 80 neben den Verkehrsteilnehmern T1, T2 insbesondere auch weitere Verkehrsteilnehmer (nicht dargestellt), die erfindungsgemäß anhand einer Auswertung der charakteristischen Merkmalen der empfangenen Signale 51, 31 jeweils das Aussenden von Reaktionsaussendungen 71 oder weiterer Reaktionsaussendungen (nicht dargestellt) initialisieren, so verringert sich aufgrund der Halbierung der jeweiligen Nutzung des Mediums 80 die Kollisionswahrscheinlichkeit der Reaktionsaussendungen im Medium 80. Die Verwendung einer doppelten Signalfrequenz führt aufgrund der frequenzabhängigen Raumdämpfung zu einer geringeren Reichweite dieses Reaktionssignals 71 oder eines weiteren Reaktionssignals (nicht dargestellt) und dadurch auch zu einer Verringerung der räumlichen Kollisionswahrscheinlichkeit von Reaktionsaussendungen. Zusätzlich lassen sich dank der Verdopplung der Signalfrequenz der akustischen Signale 71 der Reaktionsaussendungen gegenüber den akustischen Signalen 11 der Initialisierungsaussendungen diese durch Frequenzfilter leichter voneinander trennen. Entsprechendes gilt für Reaktionsaussendungen (nicht dargestellt) vom Verkehrsteilnehmer T1 infolge von Initialisierungsaussendungen (nicht dargestellt) vom Verkehrsteilnehmer T2.

[0062] Dank der fest vereinbarten Verzögerungszeit (Delay) TD kann es nur bei solchen Verkehrsteilnehmern zu Kollisionen von Reaktionsaussendungen kommen, die sich im gleichen Abstand zu dem den akustischen Austausch initiiierenden Verkehrsteilnehmern T1 befinden. Bewegen sich die im gleichen Abstand befindlichen Verkehrsteilnehmer mit unterschiedlicher Relativgeschwindigkeit, wird dank des Dopplereffekts der Kollisionseffekt reduziert.

[0063] Dank der fest vereinbarten Verzögerungszeit TD kann der Verkehrsteilnehmer T1, der die Initialisierungsaussendung veranlasst hat, aus der Laufzeit zwischen dem Zeitpunkt der Erzeugung der Initialisierungsaussendungen und dem Zeitpunkt des Empfangs der zugehörigen Reaktionsaussendung auf den Abstand zwischen den beiden Verkehrsteilnehmern T1, T2 im Moment des Signalaustausches schließen.

[0064] Dank der Auswertung von akustischen Signalen anhand des einfachen charakteristischen Merkmals „Signalstärke“ bleibt die im Signal enthaltene Dopplerinformation über die Relativbewegung der Verkehrsteilnehmer (z.B. Fahrzeuge) T1, T2 zueinander erhalten.

[0065] Dank der Verwendung der Signalstärke als einfaches charakteristisches Merkmal bei der Auswertung von empfangenen Signalen 51, 31 ist eine Interoperabilität leicht möglich. Das Verfahren lässt sich leicht implementieren. Die reagierenden Verkehrsteilnehmer T1, T2 und/oder die reagierenden weiteren Verkehrsteilnehmer (nicht dargestellt) benötigen für die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens kein Wissen über den internen Aufbau der ausgesandten Initialisierungsaussendung 11, insbesondere nicht über den zeitlichen Verlauf der Signalfrequenzen oder über den zeitlichen Verlauf der Signalamplitude. Allein ein leicht realisierbarer Schwellwertschalter legt nach einmaligem Überschreiten eines Schwellwertes durch die Signalstärke den Zeitpunkt fest, ab dem ein eingehendes Signal 51, 31 aufgezeichnet wird. Mit leicht realisierbaren Zeitmesseinrichtungen können die Speicherdauer und die Verzögerungszeit TD bestimmt werden. Nach Ablauf der fest vereinbarten Verzögerungszeit TD wird das gespeicherte Signal wieder ausgesandt.

[0066] Eine Interoperabilität verschiedener Verfahren, die beispielsweise durch unterschiedliche Hersteller realisiert werden, ist möglich. Beispielsweise funktioniert das erfindungsgemäße Verfahren unabhängig von der Modulationsart der Initialisierungssignale 11. Beispielsweise kann das eine System preiswerte Amplitudenmodulation, oder sogar Amplitudentastung verwenden, während andere Systeme Frequenzumtastung oder sogar m-äre Frequenzmodulation oder frequenzmodulierter Signale

mit kontinuierlichem Frequenzverlauf oder rauschähnliche Signale oder Phasenumtastung, wie beispielsweise Quadraturamplitudenmodulation, verwenden. Ein Verkehrsteilnehmer, wie beispielsweise der Verkehrsteilnehmer T2, der eine Reaktionsaussendung 71 (Replay) auf irgendeine derart modulierte Initialisierungsaussendung erzeugt, bedarf keine Kenntnis über die jeweils verwendete Modulationsart. Somit ist auch eine Aufwärtskompatibilität zwischen verschiedenen Systemen möglich. Beispielsweise kann ein System, das selbst nur Amplitudentastung als Modulationsart einer Initialisierungsaussendung 11 verwendet, auch eine Reaktionsaussendung (Replay) auf den Empfang rauschsignalähnlich modulierter Signale generieren.

[0067] In einer bevorzugten Ausprägung verändert sich die Signalfrequenz zumindest in einem Zeitabschnitt der Initialisierungsaussendung stetig mit der Zeit, das heißt, dass die Initialisierungsaussendung während des genannten Zeitabschnittes Chirpmoduliert ist.

[0068] Dank der Verwendung der Signalstärke als einfaches charakteristisches Merkmal bei der Auswertung von empfangenen Signalen 31, 51 kann bei dem hier beschriebenen Verfahren bevorzugt auch eine Reaktionsaussendung 71 auf das Eintreffen solcher akustischen Signale erzeugt werden, die nicht explizit als Messsignale zur Umfeldüberwachung generiert wurden und unter anderem Motorgeräusche, Trittschall, Quietschen beispielsweise von Fahrrädern oder akustische Signale von Ampeln umfassen. Dieser Effekt ermöglicht weiteren Verkehrsteilnehmern, wie beispielsweise dem Verkehrsteilnehmer T2, sich nicht nur anhand solcher explizit als Messsignale zur Umfeldüberwachung ausgesandten Initialisierungsaussendungen 11 und anhand der dabei entstehenden Echos von passiv reflektierenden Objekten zu orientieren, sondern zusätzlich auch anhand von Reaktionsaussendungen anderer Verkehrsteilnehmer, wie beispielsweise T1, und den dabei entstehenden Echos von passiv reflektierenden Objekten. Auf diese Weise wird das genutzte Medium 80, in dem sich der Schall ausbreitet, bereits bei wenigen Aussendungen 11, 71 mit einer Fülle von Signalen vermessen, die dank der enthaltenen zumeist redundanten Informationen eine rasche zuverlässige Bestimmung von Position und Bewegung der sich im Medium 80 befindlichen Verkehrsteilnehmer T1, T2 und Objekte ermöglichen, auch wenn nur wenige Verkehrsteilnehmer, wie beispielsweise der Verkehrsteilnehmer T2, durch aktives Aussenden von Reaktionsaussendungen 71 beteiligt sind. Dabei ist es auch solchen Verkehrsteilnehmern, die nicht aktiv aussenden sondern nur die eintreffenden akustischen Signale auswerten, wie beispielsweise dem Verkehrsteilnehmer T2, möglich, die Position und die Bewegung der anderen sich im

Medium 80 befindlichen Verkehrsteilnehmer, wie beispielsweise des Verkehrsteilnehmers T1, und der sich sonst im Medium 80 befindlichen Objekte zu bestimmen.

[0069] Auch die Verwendung einer Kombination mehrerer charakteristischen Merkmale (Signaleigenschaften), wie der Signalstärke und/oder des Zeitverlaufs der Signalstärke (zum Beispiel in Form der Häufigkeit der Belegung des Mediums 80) und/oder des Zeitverlaufs der Signalfrequenz oder des Signalfrequenzgemisches bei der Auswertung der empfangenen Signale 51, 31 ist möglich. So können beispielsweise Reaktionsaussendungen 71 häufiger auf solche Initialisierungsaussendungen 11 generiert werden. Solche häufiger generierten Reaktionsaussendungen 71 können insbesondere mit einer jeweils anderen Abspielgeschwindigkeit wiedergegeben werden oder/und mit einer jeweils anderen Verzögerungszeit TD erzeugt werden und/oder eine jeweils andere Sendedauer TP2 aufweisen und/oder eine jeweils andere Wiedergabereihenfolge aufweisen, wenn sie bevorzugt neben beispielsweise einer Mindestsignalstärke spezielle weitere Signaleigenschaften wie beispielsweise einen speziellen Signalfrequenzverlauf aufweisen.

[0070] Die charakteristischen Merkmale der auf diese Weise realisierten Reaktionsaussendungen 71 weisen somit leicht nachvollziehbare Eigenschaften auf. So ist die Gesamtlaufzeit zwischen dem Aussenden der Initialisierungsaussendung 11 und dem Empfang der Reaktionsaussendung 71 unter Berücksichtigung der allen Verkehrsteilnehmern T1, T2 bekannten Verzögerungszeit TD ein Maß für den Abstand der Verkehrsteilnehmer T1, T2. Die Frequenzänderungen sind bei der Berücksichtigung der allen Verkehrsteilnehmern T1, T2 bekannten Regeln der geänderten Abspielgeschwindigkeiten ein Maß für die Relativbewegung der Verkehrsteilnehmer T1, T2 zueinander und die Änderung der Signalstärke ist bei der Berücksichtigung der momentanen Ausbreitungsdämpfung im Medium 80 ein Maß für die Ausrichtung der Verkehrsteilnehmer (Kommunikationspartner) T1, T2 zueinander.

[0071] Um Kollisionen der Reaktionsaussendungen mit Reflexen von nichtaktiven, das heißt, von reflektierenden Objekten zu vermeiden, sollte entweder eine lange Verzögerungszeit TD verwendet werden, sodass alle Echos von potentiell weit entfernten Objekten bereits dichter beim Empfänger 30 sind und insbesondere zumindest eine Signalfrequenz der aktiv ausgesendeten akustischen Signalen 71 der Reaktionsaussendungen verwendet wird, die sich von der Signalfrequenz der Echos von passiv reflektierenden Objekten deutlich unterscheidet. Die akustischen Signale 71 der Reaktionsaussendungen können beispielsweise anhand des Zeitverlaufs der Signalfrequenz bei frequenzmodulierten Signalfor-

men oder/und anhand der Signalfrequenz, die insbesondere mittels einer geänderten Abspielgeschwindigkeit erzeugt werden kann, von den Echos von passiv reflektierenden Objekten unterscheidbar sein.

[0072] Für eine gute Signaltrennung zwischen den akustischen Signalen 11 von Initialisierungsaussendungen und den akustischen Signalen 71 von Reaktionsaussendungen durch Frequenzfilter genügt für manche Anwendungen bereits eine geringere Frequenzverschiebung- bzw. Änderung der Abspielgeschwindigkeit. Befinden sich in einem Bereich des Schallmediums 80 beispielsweise zwei Fahrzeuge T1, T2 mit absoluten Geschwindigkeiten von 60 km/h, d.h. 17 m/s, so kann die maximale Relativgeschwindigkeit der zwei sich begegnenden Fahrzeugen T1, T2 34 m/s betragen, was eine Dopplerverschiebung von etwa 10% der Signalfrequenz der akustischen Signale 11 der Initialisierungsaussendungen beim Reaktionsempfänger T1 bewirkt.

[0073] Fig. 2 zeigt die Lage des möglichen Dopplerbandes DR einer Reaktionsaussendung bei dem reagierenden Verkehrsteilnehmer (Reaktor) T2 in Vergleich zu der Lage des Dopplerbandes DI der entsprechenden Initialisierungsaussendung bei dem ursprünglich initialisierenden Verkehrsteilnehmer T1 bei einer 1,5-fachen Abspielgeschwindigkeit.

[0074] Das Verhältnis von Abspielgeschwindigkeit zu Aufnahmegeschwindigkeit beim Reaktor T2 wird in diesem Rahmen als relative Abspielgeschwindigkeit RA bezeichnet.

[0075] Deutlich wird, dass sich beide Bänder DI, DR selbst bei einer Extremwertbetrachtung nicht überschneiden. Für die Beziehung zwischen einer Initialisierungsaussendung und einer zugehörigen Reaktionsaussendung sieht es noch besser aus, da sich beide Bänder in die gleiche Richtung verändern.

[0076] In Verkehrssituationen, in denen nur wenige akustisch aktive Verkehrsteilnehmer T1, T2 einen Bereich des Schallmediums 80 teilen müssen, empfiehlt sich jedoch auch die Aussendung der akustischen Signale der Reaktionsaussendungen mit einer niedrigeren Abspielgeschwindigkeit, was einer Verschiebung hin zu niedrigeren Signalfrequenzen entspricht. Aufgrund der geringen Zahl der Verkehrsteilnehmer T1, T2 ist die Kollisionswahrscheinlichkeit der Reaktionsaussendungen trotz der gegenüber der Initialisierungsaussendungen verlängerten Pulsdauer niedrig. Vorteilhaft kann die Wahl der niedrigeren Signalfrequenz dann sein, wenn höhere Reichweiten erzielt werden müssen, da die Raumdämpfung mit der Signalfrequenz zunimmt.

[0077] Alternativ macht ein Wechsel der Signalfrequenzen Sinn, um Störern auszuweichen. Diese gilt sowohl für die Initialisierungsaussendungen des ini-

tialisierenden Verkehrsteilnehmer T1 als auch für die Reaktionsaussendungen des reagierenden Verkehrsteilnehmers T2.

[0078] Bevorzugt wird somit das Verfahren derart durchgeführt, dass die Wahl der Signalfrequenzen der Initialisierungsaussendungen als auch die relative Abspielgeschwindigkeit RA bei der Wiedergabe (Replay) situationsangepasst stattfinden, jedoch so, dass der jeweilige Verkehrsteilnehmer (Kommunikationspartner) T1, T2 anhand von zuvor vereinbarten Regeln den Wechsel von akustischen Signalen wiedererkennen kann. Beispielsweise wird dies erreicht, indem nur deutlich unterscheidbare Stufen der in der Reaktionsaussendung 71 enthaltenen Bezüge zur Initialisierungsaussendung 11, insbesondere der relativen Abspielgeschwindigkeit, und/oder der unterschiedlichen Verzögerungsdauer TD und/oder der Signallänge gewählt werden.

[0079] Berücksichtigt man die Tatsache, dass ein Verkehrsteilnehmer T1, T2 bei der akustischen Umfelderkennung üblicherweise die aktiven Aussendungen zumindest eines anderen Verkehrsteilnehmers T2, T1 mit mindestens zwei Empfangssystemen, die am Verkehrsteilnehmer T1, T2 räumlich verteilt angeordnet sind, aufnimmt, so kann anhand der räumlichen Unterschiede der empfangenen Aussendungen, insbesondere anhand der Laufzeitunterschiede und/oder der Signalstärke und/oder der Signalveränderungen während des Übertragungsweges, zumindest die räumliche Beziehung zwischen dem aussendenden und dem empfangenden Verkehrsteilnehmer T1, T2 bestimmt werden, eine Aussage über die Relativbewegung zwischen dem aussendenden und dem empfangenden Verkehrsteilnehmer T1, T2 vorgenommen werden, auf die Verkehrsbedingungen zwischen dem aussendenden und dem empfangenden Verkehrsteilnehmer T1, T2, insbesondere auf die Position und/oder die Form der sich dazwischen befindlichen anderen Verkehrsteilnehmer und/oder ortsfesten Objekte, wie Bäume, und/oder auf die Fahrbahnbeschaffenheit, geschlussfolgert werden.

[0080] Bei einer bevorzugten Ausprägung wird von zumindest einem Verkehrsteilnehmer T2, bei dem mehrere Elektro-Akustik-Wandler (nicht separat dargestellt) auf einen Bereich des Mediums ausgerichtet sind, nicht über jeden Elektro-Akustik-Wandler eine Reaktionsaussendung 71 ausgesandt. Beispielsweise kann nach dem Empfang einer Initialisierungsaussendung 11 eine entsprechende Reaktionsaussendung 71 über den Elektro-Akustik-Wandler ausgesandt werden, über den die akustischen Signale 51 der Initialisierungsaussendung mit größter Signalstärke empfangen wurden, und gleichzeitig oder zeitversetzt, das heißt, nach einer anderen Verzögerungszeit TD, zumindest eine weitere entsprechende Reaktionsaussendung 71 über den Elektro-

Akustik-Wandler ausgesandt werden, über den die akustischen Signale 51 der Initialisierungsaussendung mit kleinster Signalstärke empfangen wurden. Weitere Kombinationen sind möglich.

[0081] Bei einer weiteren bevorzugten Ausprägung nimmt mindestens ein Verkehrsteilnehmer der sich im Medium 80 befindlichen Verkehrsteilnehmer T1, T2 abwechselnd verschiedene der zuvor genannten Funktionen an, das heißt, dass sich dieser Verkehrsteilnehmer beispielsweise einmal als initiierender Verkehrsteilnehmer (Initiator) T1 des akustischen Austausches und ein anderes Mal als reagierender Verkehrsteilnehmer (Reaktor), wie beispielsweise der Verkehrsteilnehmer T2, der mit Reaktionsaussendungen 71 auf den Empfang der akustischen Signale 51 einer Initialisierungsaussendung reagiert, verhält. In einer bevorzugten Ausprägung bestätigt ein initiierender Verkehrsteilnehmer (Initiator) T1 den Empfang der akustischen Signale 31 einer von einem reagierenden Verkehrsteilnehmer (Reaktor) T2 zuvor ausgesandten Reaktionsaussendung 71 ebenfalls durch Aussenden einer weiteren Reaktionsaussendung (nicht dargestellt). Auf diese Weise bekommt sowohl der initiierende Verkehrsteilnehmer T1 eine Bestätigung dafür, dass der reagierende Verkehrsteilnehmer T2 die akustischen Signale 51 seiner Initialisierungsaussendung empfangen hat, als auch der reagierende Verkehrsteilnehmer T2 erhält eine Bestätigung des Empfangs der akustischen Signale 31 seiner Reaktionsaussendung durch den initiierenden Verkehrsteilnehmer T1. Solche bestätigten Übertragungen helfen, die in zunehmendem Maß steigenden Zuverlässigkeitsanforderungen bei der Umfeldüberwachung gerecht zu werden.

[0082] Sowohl die Reaktionsaussendungen 71, als auch die Initialisierungsaussendungen 11 können neben den Informationen zur Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahren (Replay-Protokoll) auch weitere Informationen, wie beispielsweise zum Fahrdynamikzustand des Fahrzeugs und/oder zur Fahrzeugidentifikation, enthalten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des relativen Abstandes und/oder der relativen Bewegung zwischen mindestens zwei Verkehrsteilnehmern (T1, T2), insbesondere zwischen mindestens zwei Fahrzeugen, wobei auf den Empfang von akustischen Signalen (51), die aus Initialisierungsaussendungen in Form von akustischen Signalen (11) stammen, die von einem ersten Verkehrsteilnehmer (T1) ausgesendet wurden, von einem zweiten Verkehrsteilnehmer (T2) Reaktionsaussendungen in Form von akustischen Signalen (71) ausgelöst werden, die von dem ersten Verkehrsteilnehmer (T1) empfangen und ausgewertet werden, wobei die Reaktionsaus-

sendungen des zweiten Verkehrsteilnehmers (T2) nach dem Ablauf mindestens einer den Verkehrsteilnehmern (T1, T2) bekannten Verzögerungszeit (TD) vorgenommen werden, die derart lang eingestellt wird, dass von dem ersten Verkehrsteilnehmer (T1) empfangene akustische Signale, die aus passiven Reflektionen der Initialisierungsaussendungen des ersten Verkehrsteilnehmers (T1) an Umgebungsobjekten stammen, kein Einfluss auf eine von dem ersten Verkehrsteilnehmer (T1) vorgenommene Auswertung der mittels mindestens eines Empfängers (30) empfangenen Reaktionsaussendungen (71) des zweiten Verkehrsteilnehmers (T2) haben, **dadurch gekennzeichnet**, dass anhand der von dem ersten Verkehrsteilnehmer (T1) empfangenen akustischen Signale (31) der Reaktionsaussendungen des zweiten Verkehrsteilnehmers (T2) Reaktionsaussendungen von akustischen Signalen des ersten Verkehrsteilnehmers (T1) nach dem Ablauf mindestens einer den Verkehrsteilnehmern (T1, T2) bekannten und derartig langen Verzögerungszeit ausgelöst werden, dass die von dem zweiten Verkehrsteilnehmer (T2) empfangenen akustischen Signale, die aus passiven Reflektionen der akustischen Signale der Reaktionsaussendungen des ersten Verkehrsteilnehmers (T1) an Umgebungsobjekten stammen, keinen Einfluss auf eine von dem zweiten Verkehrsteilnehmer (T2) zur Bestimmung des relativen Abstandes und/oder der relativen Bewegung zwischen den zwei Verkehrsteilnehmern (T1, T2) durchgeführte Auswertung der von dem zweiten Verkehrsteilnehmer (T1, T2) mittels mindestens eines Empfängers (50) empfangenen akustischen Signalen der Reaktionsaussendungen des ersten Verkehrsteilnehmers (T1) haben.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signaldauer (TP2) der akustischen Signale (71) der Reaktionsaussendungen mindestens eines Verkehrsteilnehmers (T2) kleiner als ein vorbestimmter Bruchteil der Signaldauer (TP1) der akustischen Signale der Initialisierungsaussendungen des ersten Verkehrsteilnehmers (T1) ist und/oder mindestens eine Signaldauer (TP2) und/oder mindestens eine Frequenz oder mindestens ein Frequenzverlauf der akustischen Signale (71) der Reaktionsaussendungen mindestens eines Verkehrsteilnehmers (T2) den Verkehrsteilnehmern (T1, T2) bekannt ist.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den akustischen Signalen (71) der Reaktionsaussendungen mindestens eines Verkehrsteilnehmers (T2) Informationen, die diese Reaktionsaussendungen betreffen, insbesondere Informationen umfassend die mindestens eine für diese Reaktionsaussendungen verwendete Verzögerungszeit (TD) und/oder die Signaldauer (TP2) und/oder die Signalfrequenz

oder der Signalfrequenzverlauf der entsprechenden akustischen Signale, aufmoduliert werden.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei mindestens einer zur Bestimmung des relativen Abstandes und/oder der relativen Bewegung zwischen den Verkehrsteilnehmern (T1, T2) durchgeführten Auswertung der akustischen Signale (11) der Initialisierungsaussendungen des ersten Verkehrsteilnehmers und/oder der akustischen Signalen (71) der Reaktionsaussendungen mindestens eines Verkehrsteilnehmers (T2) mindestens ein charakteristisches Merkmal der akustischen Signale (11) dieser Initialisierungsaussendungen und/oder der akustischen Signale (71) dieser Reaktionsaussendungen, insbesondere die Signalstärke und/oder der Zeitverlauf der Signalstärke und/oder die Signalfrequenz und/oder der Zeitverlauf der Signalfrequenz oder des Signalfrequenzgemisches der entsprechenden akustischen Signale, verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signalstärke und/oder der Signalverlauf der akustischen Signale (71) der Reaktionsaussendungen mindestens eines Verkehrsteilnehmers (T2) eine eindeutige Beziehung zu der Signalstärke und/oder zu dem Signalverlauf der akustischen Signale (11) der Initialisierungsaussendungen des ersten Verkehrsteilnehmers (T1), die insbesondere einen zeitveränderlichen Frequenzverlauf haben, aufweist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Fig. 2

