



(10) **DE 10 2018 216 082 A1** 2018.12.13

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 216 082.1**

(22) Anmeldetag: **20.09.2018**

(43) Offenlegungstag: **13.12.2018**

(51) Int Cl.: **G08G 1/0965 (2006.01)**

G08G 1/16 (2006.01)

B60W 30/08 (2012.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Fuchs, Hendrik, 31141 Hildesheim, DE; Llatser
Marti, Ignacio, 31135 Hildesheim, DE; Dolgov,
Maxim, 71272 Renningen, DE; Wildschuette,
Florian, 31139 Hildesheim, DE; Michalke, Thomas,
71263 Weil der Stadt, DE**

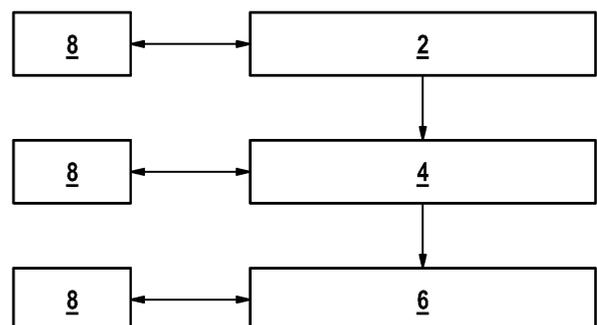
Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur kooperativen Manöverabstimmung**

(57) Zusammenfassung: Offenbart ist ein Verfahren zur Manöverplanung und -durchführung eines Fahrzeugs durch ein fahrzeuginternes Steuergerät, wobei das Steuergerät eine strategische Planungsebene zum Durchführen einer Routenplanung, eine taktische Planungsebene zum Bereitstellen von spurgenaue Trajektorien zu möglichen Zielpunkten und eine operative Planungsebene zum Auswählen eines Zielpunkts und einer fahrbaren Trajektorie zum ausgewählten Zielpunkt aufweist, wobei die Planungsebenen kaskadenartig ausgeführt werden und bei Ausführung jeder Planungsebene ein Informationsaustausch mit benachbarten Fahrzeugen über eine Kommunikationsverbindung zum Ermitteln von Kollisionen durchgeführt wird, wobei bei einer ermittelten Kollision in mindestens einer Planungsebene eine Manöverabstimmung zwischen den Fahrzeugen über die Kommunikationsverbindung durchgeführt wird. Des Weiteren ist ein Steuergerät offenbart.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Manöverplanung und -durchführung eines Fahrzeugs durch ein fahrzeuginternes Steuergerät sowie ein Steuergerät.

Stand der Technik

[0002] Es sind klassische Systeme, die automatisiertes Fahren ermöglichen, bekannt, welche Fahrzeugtrajektorien nur für das jeweilige Ego-Fahrzeug unter Berücksichtigung von Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer planen.

[0003] Des Weiteren gibt es Bestrebungen Zwischenfahrzeugkommunikation einzusetzen, um kooperative Manöverplanung und Manöverumsetzung zu realisieren. Hierdurch soll unter anderem die Sicherheit und der Komfort erhöht sowie der Treibstoffverbrauch reduziert werden.

[0004] Bei bisherigen Versuchen eine Zwischenfahrzeugkommunikation in die Planung der Trajektorie einzubeziehen ist problematisch, dass eine effiziente Umsetzung einen Nachrichtenaustausch zwischen Fahrzeugen lediglich in einem geringen Abstand von voneinander vorsieht. Hierdurch ist eine kooperative Manöverabstimmung nur auf wenige Szenarien beschränkt. Darüber hinaus sind längere Prädiktionszeiten für Trajektorien von beispielsweise über 5 Sek. im Mischverkehr mit nichtautomatisierten Fahrzeugen derzeit nicht realisierbar.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe kann darin gesehen werden, ein Verfahren für eine Manöverabstimmung vorzuschlagen, welches auch bei längeren Prädiktionszeiten für Trajektorien anwendbar ist.

[0006] Diese Aufgabe wird mittels des jeweiligen Gegenstands der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von jeweils abhängigen Unteransprüchen.

[0007] Nach einem Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Manöverplanung und - durchführung eines Fahrzeugs durch ein fahrzeuginternes Steuergerät bereitgestellt. Das Steuergerät weist eine strategische Planungsebene zum Durchführen einer Routenplanung, eine taktische Planungsebene zum Bereitstellen von spurgenaue Trajektorien zu möglichen Zielpunkten und eine operative Planungsebene zum Auswählen eines Zielpunkts und einer fahrbaren Trajektorie zum ausgewählten Zielpunkt auf. Die Planungsebenen werden kaskadenartig ausgeführt, wobei bei Ausführung wenigstens einer Planungsebene, insbesondere bei jeder Planungsebene ein In-

formationsaustausch mit benachbarten Fahrzeugen über eine Kommunikationsverbindung zum Ermitteln von Kollisionen durchgeführt wird. Bei einer ermittelten Kollision in mindestens einer Planungsebene wird eine Manöverabstimmung zwischen dem Fahrzeug und dem mindestens einem benachbarten Fahrzeug über die Kommunikationsverbindung durchgeführt.

[0008] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Steuergerät zum Steuern von mindestens einem Fahrzeug und zum Herstellen einer Kommunikationsverbindung zwischen mindestens zwei Fahrzeugen bereitgestellt, wobei das Steuergerät dazu eingerichtet ist, alle Schritte des Verfahrens auszuführen.

[0009] Die Kommunikationsverbindung ist vorzugsweise eine Vehicle to X (V2X) Kommunikation. Diese eine V2X Kommunikation umfasst sowohl die V2V-Kommunikation bzw. die Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation als auch die V2I (Vehicle to Infrastructure)-Kommunikation zwischen einem Fahrzeug und einer Infrastruktureinheit. Durch die Verwendung der Kommunikationsverbindung können die Planungsinformationen der einzelnen Fahrzeuge ausgetauscht, verglichen und im Hinblick auf Kollisionen in den einzelnen Planungsebenen geprüft werden.

[0010] Eine Trajektorie ist vorzugsweise eine Funktion, die Zeit (im Gültigkeitsbereich) auf die Pose des Fahrzeugs abbildet. Die Pose besteht im einfachsten Fall aus den Koordinaten des Fahrzeugs im 2D-Raum. Diese kann aber auch eine Orientierung und weitere Zustandsgrößen beinhalten. Des Weiteren kann die Zeit als eine diskretisierte Funktion definiert sein.

[0011] Die Pose als Zustand des Fahrzeugs kann in der strategischen Ebene aus der Angabe des aktuellen Autobahnabschnitts/Autobahnkilometers bestehen, in der taktischen Ebene aus der Spurangabe, der Position auf der Spur (z.B. Bogenlänge vom Spurbeginn im aktuellen Autobahnabschnitt) und der Längsgeschwindigkeit entlang der Spur bestehen. In der operativen Ebene kann der Zustand aus der Pose (Position und Orientierung) in einem kartesischen Koordinatensystem oder einem Frenet-Koordinatensystem entlang der Fahrzeugspur, der Gier-Rate, der Längs- und Quergeschwindigkeit und der Längs- und Querschleunigung bestehen.

[0012] Eine Kollision liegt für Fahrzeuge in derselben Spur vor, wenn beispielsweise longitudinal ein Mindestabstand entlang der Spur unterschritten wird. Zu benachbarten Spuren liegt eine Kollision vor, wenn sowohl ein longitudinaler als auch ein lateraler Abstand unterschritten werden.

[0013] Die Manöver können in drei verschiedenen Planungsebenen vorgenommen werden. Eine strate-

gische Planungsebene dient beispielsweise der Routenplanung für die einzelnen Fahrzeuge. Die mittlere, taktische Planungsebene kann konkrete Zielpunkte vorgeben, die die Fahrzeuge im Rahmen ihrer strategischen Routen abfahren müssen. Auf operativer Planungsebene können die konkreten fahrbaren Trajektorien, beispielsweise für einen Zeitraum von ca. 0-10 Sekunden, geplant werden.

[0014] Die jeweiligen Planungsebenen sind als eine Kaskade aufgebaut. Es kann somit ermöglicht werden, über die Kommunikationsverbindung dezentral kooperative Fahrmanöver innerhalb einer Gruppe von Fahrzeugen abzustimmen. Dabei wird eine Kaskade der Planungsebenen aus strategischer, taktischer und operativer Planung durchlaufen. Die jeweiligen Planungsebenen können hardwarebasiert als separate Module des Steuergeräts ausgeführt sein. Die jeweiligen Module können über Schnittstellen miteinander datenleitend gekoppelt sein und auf eine Kommunikationseinheit des Steuergeräts zugreifen. Alternativ können die Planungsebenen in Form von Softwaremodulen ausgestaltet sein, welche über eine Software-Hardware-Schnittstelle die Kommunikationseinheit des Steuergeräts nutzen können.

[0015] Der Informationsaustausch zwischen den Fahrzeugen bei jeder Planungsebene über eine Kommunikationsverbindung zum Ermitteln von Kollisionen kann in Form einer Nachricht zusammengefasst sein.

[0016] Das Verfahren umfasst beispielsweise eine kooperative Manöverabstimmung innerhalb einer Gruppe von Fahrzeugen unter Verwendung der Kommunikationsverbindung oder mehrerer Kommunikationsverbindungen. Die Abstimmung kann dabei auf einer strategischen Planungsebene stattfinden, die die Routenplanung oder das absolute Fahrziel (beispielsweise Karlsruhe - Stuttgart - Augsburg - München) vorgibt. Die strategische Planungsebene kann dazu eingesetzt werden eine langfristige Routenplanung durchzuführen.

[0017] Auf einer taktischen Planungsebene kann eine Zielpunktvorgabe ausgehend von über die Kommunikationsverbindung empfangenen Informationen und den Informationen aus der strategischen Planungsebene (wie beispielsweise Spurwechsel am Ende einer Auffahrfahrbahn) und die die Kooperationspartner auswählt, gehandhabt werden. Somit kann die taktische Planungsebene für mittelfristige Planungsaufgaben der Routenplanung eingesetzt werden.

[0018] Auf der operativen Planungsebene kann basierend auf über die Kommunikationsverbindung ausgetauschten Informationen sowie den Informationen aus der taktischen Planungsebene eine Planung der abfahrbaren Trajektorie für einen Zeitraum von

beispielsweise 0 bis 10 Sekunden durchgeführt werden. Damit dient die operative Planungsebene einer kurzfristigen oder eine unmittelbare Routenplanung und kann dazu ausgestaltet sein, eine anschließende Durchführung der geplanten Route auszuführen oder die geplante Route an eine entsprechende Fahrzeugsteuereinheit zu übermitteln.

[0019] Eine Umsetzung der Abstimmung auf operativer Planungsebene kann beispielsweise durch eine Anpassung von mindestens einer gewünschten oder geplanten Trajektorie von einem oder mehreren Fahrzeugen vorgenommen werden.

[0020] Gemäß einem Ausführungsbeispiel weisen mindestens zwei Fahrzeuge jeweils ein internes Steuergerät mit Planungsebenen auf, wobei zwischen den Fahrzeugen eine Kommunikationsverbindung hergestellt wird, um bei einer ermittelten Kollision in mindestens einer Planungsebene eine kooperative Manöverabstimmung durchzuführen. Bevorzugterweise können mindestens zwei Fahrzeuge, welche in einer Reichweite der Kommunikationsverbindung angeordnet sind, während der Ausführung der Planungsebenen für die Routenplanung Informationen miteinander austauschen. Vorzugsweise können die Steuergeräte der jeweiligen Fahrzeuge miteinander kommunizieren. Die Steuergeräte sind hierbei derart ausgestaltet, dass die jeweiligen Planungsebenen unterschiedlicher Steuergeräte separat untereinander kommunizieren können. Die jeweiligen Planungsebenen werden schrittweise nacheinander von den Steuergeräten ausgeführt, sodass während jeder Planungsebene ein Informationsaustausch stattfinden kann. Alternativ oder zusätzlich können die Steuergeräte auf Informationen von bereits abgeschlossenen Planungsebenen zugreifen oder eine Synchronisierung vornehmen, durch welche die jeweiligen Planungsebenen gleichzeitig von mehreren Steuergeräten erneut durchgeführt werden.

[0021] Nach einer Ausführungsform werden bei einer ermittelten Kollision in mindestens einer Planungsebene die oberhalb dieser Planungsebene angeordneten Planungsebenen bei der Manöverabstimmung nicht berücksichtigt. Dabei wird die Kollision auf niedrigster Planungsebene vorgezogen. Wird eine Kollision von geplanten Trajektorien beispielsweise auf strategischer Planungsebene festgestellt, so wird dieses Fahrzeug als Kooperationspartner definiert. Es werden schließlich Trajektorie und Zielpunkt auf taktischer Ebene ausgetauscht.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung werden mindestens zwei Fahrzeuge als Kooperationspartner ausgewählt, wenn in mindestens einer ihrer Planungsebenen eine Kollision festgestellt wird. Es kann beispielsweise ein Fahrzeug Daten der mit strategischen und operativen Planungen bzw. der Pla-

nungsebenen ausgestatteter Fahrzeuge empfangen. In den Planungsebenen können Kollisionen der Trajektorien durch einen ortsbasierten und zeitbasierten Vergleich ermittelt werden. Die Fahrzeuge, zwischen welchen eine Kollision ermittelt wurde, gelten darauf hin als Kooperationspartner. Die Kooperationspartner nutzen daraufhin die hergestellte Kommunikationsverbindung dazu, eine kollisionsfreie Trajektorie zu ermitteln. Hierzu können beispielsweise ein oder mehrere Fahrzeuge ihre Trajektorien aneinander anpassen, sodass eine dezentrale Lösung des Kollisionsproblems im Voraus ermittelt und ausgeführt werden kann.

[0023] Nach einer weiteren Ausführungsform wird bei einer festgestellten Kollision eine Manöverabstimmung zwischen den mindestens zwei Fahrzeugen durch eine Anpassung von einer Trajektorie von mindestens einem Fahrzeug ausgeführt. Wird eine Kollision festgestellt, so wird abgestimmt, welches Fahrzeug beispielsweise einen Spurwechsel durchführt und/oder vorausfährt. Auf operativer Planungsebene können die Fahrzeuge beispielsweise grundsätzlich frei sein und müssen nur bei Kollisionen eine Abstimmung vornehmen. Das Verfahren ist nicht nur auf das Szenario des Spurwechsels beschränkt. Weitere Szenarien können beispielsweise Einbiegen auf vorfahrtsberechtigter Straße, Platooning, Überholen auf Landstraßen, Lösen von Konflikten an einer gleichberechtigten Kreuzung und dergleichen sein.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die Kommunikationsverbindung zwischen den mindestens zwei Fahrzeugen nach einer durchgeführten Manöverabstimmung aufrechterhalten. Hierdurch können die Kooperationspartner weiterhin in Verbindung stehen, um Informationen auszutauschen. Es können somit auch nachträgliche Korrekturen vorgenommen werden.

[0025] Nach einer weiteren Ausführungsform weist der Informationsaustausch geplante Trajektorien mit Zielpunkten und Zielzeitpunkten auf. Es können somit alle relevanten Informationen zu Streckenverläufen und Zwischenzielen der Fahrzeuge über die Kommunikationsverbindung ausgetauscht werden, sodass eine Kollisionsüberprüfung durchgeführt werden kann.

[0026] Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird in der taktischen Planungsebene festgelegt, welches Fahrzeug im Kollisionsbereich vorausfährt. Hierzu kann entschieden werden, wann beispielsweise der Spurwechsel (örtlich und zeitlich) stattfindet und welches Fahrzeug voraus fährt. Zudem können auf taktischer Planungsebene die Vorschriften der Straßenverkehrsordnung und weitere gesetzliche Bestimmungen des jeweiligen Landes berücksichtigt werden.

[0027] Nach einer weiteren Ausführungsform wird bei mindestens einer in einer Planungsebene festgestellten Kollision die niedrigste eine Kollision aufweisende Planungsebene für eine kooperative Manöverabstimmung eingesetzt, wobei die höheren Planungsebenen in einem automatisierten Modus betrieben werden. Die jeweiligen ungenutzten Planungsebenen können in einen sogenannten Autopilotenmodus versetzt werden, in welchem sie Grundaufgaben, wie beispielsweise Berechnen von Zielpunkten entlang einer Spurmitte, durchführen und die Ergebnisse der Grundaufgaben an die darauffolgenden Kaskaden bzw. Planungsebenen weitergeben.

[0028] Das Verfahren kann auch in angepasster Form zur Abstimmung von kooperativen Fahrmanövern beispielsweise für die folgenden Funktionen eingesetzt werden.

- Kooperatives Ein- und Ausfädeln an Auffahrten und Verflechtungsbereichen
- Kooperative Abstandsregelung zu vorausfahrenden Fahrzeugen
- Kooperatives Überholen auf einer Landstraße
- Kooperativ-prädiktives Routing über Landstraßen
- Kooperatives Abbiegen auf Landstraßen
- Kooperatives Lkw-Überholmanöver von Lkws auf einer Autobahn

[0029] Dadurch, dass die Abstimmung sowohl auf strategischer, taktischer als auch operativer Planungsebene stattfindet, können alle erwähnten Funktionen durch das Verfahren berücksichtigt werden. Abhängig von der Funktion muss unter Umständen nur eine der Planungsebenen beeinflusst werden, sodass der Implementierungsaufwand und damit die Fehleranfälligkeit reduziert werden können.

[0030] Im Folgenden werden anhand von stark vereinfachten schematischen Darstellungen bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Hierbei zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung von Planungsebenen und

Fig. 2-5 schematische Darstellungen einer Autobahnauffahrt zum Veranschaulichen eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform.

[0031] In **Fig. 1** ist eine Übersicht der Planungsebenen **2, 4, 6** dargestellt. Bei jeder Planungsebene **2, 4, 6** findet ein Informationsaustausch **8** zwischen den Steuergeräten der am Verfahren **1** teilnehmenden Fahrzeuge statt.

[0032] Der Informationsaustausch **8** findet vorzugsweise über eine Kommunikationsverbindung statt,

welche eine V2X-Kommunikationsverbindung sein kann.

[0033] Eine strategische Planungsebene **2** dient einer langfristigen Routenplanung zu einem endgültigen Fahrziel eines Fahrzeugs. Eine der strategischen Planungsebene **2** nachgeordnete taktische Planungsebene **4** generiert beispielsweise Zielpunktvorgaben und kann Kooperationspartner für das Verfahren auswählen. Die taktische Planungsebene **4** dient einer mittelfristigen Planung einer Route, beispielsweise bis zu einem nächsten Straßenabschnitt. Eine der taktischen Planungsebene **4** nachgeschaltete operative Planungsebene **6** dient einer kurzfristigen bzw. unmittelbaren Manöverplanung für einen zeitlichen Bereich von 0 bis 10 Sekunden.

[0034] Die jeweiligen Planungsebenen **2**, **4**, **6** sind als eine Kaskade aufgebaut. Es kann somit ermöglicht werden, über eine in den **Fig. 2-5** dargestellte Kommunikationsverbindung **18** einen Informationsaustausch **8** durchzuführen. Insbesondere können über den Informationsaustausch **8** dezentral kooperative Fahrmanöver innerhalb einer Gruppe von Fahrzeugen abgestimmt werden. Die jeweiligen Planungsebenen **2**, **4**, **6** können hardwarebasiert als separate Module eines Steuergeräts **16** ausgeführt sein. Die jeweiligen Module können über Schnittstellen miteinander datenleitend gekoppelt sein und auf eine Kommunikationseinheit des Steuergeräts **16** zugreifen. Alternativ können die Planungsebenen **2**, **4**, **6** in Form von Softwaremodulen, insbesondere getrennten Softwareprogrammen, ausgestaltet sein, welche über eine Software-Hardware-Schnittstelle eine (nicht dargestellte) Kommunikationseinheit des Steuergeräts **16** nutzen können.

[0035] In den **Fig. 2** bis **Fig. 5** sind in schematischen Darstellungen zwei Fahrzeuge **10**, **12** dargestellt, welche auf einer Autobahnauffahrt **14** eine kooperative Manöverplanung durchführen. Die Fahrzeuge **10**, **12** weisen jeweils ein Steuergerät **16** auf, welches eine Kommunikationsverbindung **18** zwischen den Fahrzeugen **10**, **12** oder einer nicht dargestellten Infrastruktur zwecks Informationsaustausch herstellen kann und dazu ausgestaltet ist das Verfahren **1** auszuführen. Das Steuergerät **16** weist die Planungsebenen **2**, **4**, **6** auf und kann die entsprechenden Schritte ausführen und die Fahrzeuge **10**, **12** entsprechend steuern oder anweisen.

[0036] Das Verfahren **1** wird nachfolgend anhand eines Auffahrscenarios auf eine Autobahn **14** oder eine Schnellstraße beschrieben. Es wird das in **Fig. 2** dargestellte Szenario betrachtet, in dem ein Fahrzeug **10**, das sogenannte Ego-Fahrzeug, auf die vorfahrtsberechtigten Spur einer Autobahn bzw. einer Schnellstraße, auf der ein anderes Fahrzeug **12**, das sogenannte Kooperationsfahrzeug fährt, auffahren möchte.

[0037] Gemäß dem Ausführungsbeispiel wird die Manöverabstimmung zwischen den beiden Fahrzeugen **10**, **12**, aus der Sicht des Ego-Fahrzeugs **10**, wie folgt umgesetzt:

[0038] Bei einer Ausgangssituation liegt in der strategischen Planungsebene **2** eine Routenplanung vor, die einen Spurwechsel auf die Autobahn **14** in Form eines Zwischenpunkts **20** der strategischen Route **22** vorsieht. Je nach Implementierung der Routenplanung kann ein Zwischenpunkt **20** auf der Auffahrs spur sein, während sich der nächste schon nach der Auffahrt auf der Autobahn **14** befindet. Bei mehrspurigen Autobahnen ist dieser Punkt nicht zwingend an eine der Spuren gebunden, sondern gibt lediglich den Autobahnkilometer an. In der taktischen Planungsebene **4** wird ein Zielpunkt (örtlich und zeitlich) für den Spurwechsel auf die Autobahn **14** berechnet. Dabei ist eine spurgenaue Verortung in der Spurmitte vorgesehen. Die taktische Trajektorie **24** zu diesem Punkt **20** führt entlang der Spurmitte und blendet zunächst andere Verkehrsteilnehmer **12** aus. Auf der operativen Planungsebene **6** wird gemäß den Vorgaben der taktischen Planungsebene **4** eine Trajektorie **26** für die nächsten 0 bis 10 Sekunden berechnet, welche an die Fahrzeugaktorik weitergeleitet wird. Die Vorgaben der taktischen Planungsebene **4** können dabei die Zielpunkte **20** (örtlich und zeitlich) entlang der taktischen Trajektorie **24** sowie die taktische Trajektorie selbst umfassen, die gemäß der Fahrzeugdynamik, erreicht werden können. Die operative Planungsebene **6** ist für die Auswahl des geeigneten Zielpunkts sowie einer fahrbaren Trajektorie **24** zu diesem Zielpunkt verantwortlich.

[0039] Es wird eine Kollisionsdetektion auf strategischer Planungsebene **2** durchgeführt. Dies ist in der **Fig. 3** veranschaulicht. Das Ego-Fahrzeug **10** empfängt Daten der strategischen Planungsebene **2** und der operativen Planungsebene **6** aus entsprechend ausgestatteten Fahrzeugen **12**. Eine Kaskade **2**, **4**, **6** bestimmt die niedrigste Planungsebene (operativ zu taktisch (zunächst nicht verfügbar) zu strategisch), auf der eine Kollision stattfindet (hier strategische Planungsebene **2**). Alle Ebenen darüber müssen nicht mehr betrachtet werden.

[0040] Die Fahrzeuge **10**, **12**, mit denen eine Kollision auf strategischer Planungsebene **2** stattfindet, werden als mögliche Kooperationspartner ausgewählt. Die anderen Fahrzeuge, wie beispielsweise solche, die die Autobahn **14** auf einer sich vorher befindlichen Abfahrt, die hier nicht abgebildet ist, verlassen, werden nicht länger betrachtet.

[0041] Über die Kommunikationsverbindung **18** wird die taktische Planung im Steuergerät **16** des Fahrzeugs **12** auf der Autobahn **14** aktiviert. Hierfür sendet das Ego-Fahrzeug **10** eine taktische Trajektorie

24 mit seinem Zielpunkt **20** (örtlich und zeitlich) an das Kooperationsfahrzeug **12**.

[0042] Es wird hierbei eine Kollision auf taktischer Planungsebene **4** ermittelt. Dies geht aus der **Fig. 4** hervor. Die Aktivierung der taktischen Planungsebene **4** im Kooperations-Fahrzeug **12** löst die Berechnung der taktischen Trajektorie **24** durch das Kooperations-Fahrzeug **12** aus, welches diese an das Ego-Fahrzeug **10** übermittelt. Beide Fahrzeuge **10**, **12** stellen eine Kollision ihrer taktischen Trajektorien **24** fest und gehen eine Kooperation ein.

[0043] Die Abstimmung auf taktischer Planungsebene **4** findet statt. Hierzu wird entschieden, wann der Spurwechsel (örtlich und zeitlich) stattfinden kann und welches Fahrzeug **10**, **12** voraus fährt. Zudem werden auf taktischer Planungsebene **4** die Vorschriften durch die Straßenverkehrsordnung betrachtet. Gemäß dem Ausführungsbeispiel wird beispielsweise das Reisverschlussverfahren angewandt.

[0044] Die Planung auf operativer Planungsebene **6** ist hier kollisionsfrei und kann daher individuell von den Fahrzeugen **10**, **12** durchgeführt werden.

[0045] In der **Fig. 5** ist die Vermeidung einer Kollision auf operativer Planungsebene **6** gezeigt. Nachdem die Kollision auf taktischer Planungsebene **4** aufgelöst wurde, stellen die Planungseinheiten bzw. Steuergeräte **16** in beiden Fahrzeugen **10**, **12** Kollisionen auf operativer Planungsebene **6** fest. Diese Kollisionen können beispielsweise entstehen, weil die taktische Planungsebene **4** das Fahrzeug **10** als eine Punktmasse modelliert und die taktische Trajektorie **24** entlang der Spurmitten führt, wohingegen die operativen Trajektorien **26**, welche tatsächlich abgefahren werden, die Fahrzeugabmessungen sowie die Abweichungen von den Spurmitten berücksichtigen und Kollisionen durch diese Einflüsse detektieren.

[0046] Da eine Kollision auf operativer Planungsebene **6** festgestellt wurde, übernimmt diese Planungsebene **6** als niedrigste Kaskadenebene mit einer Kollision die Abstimmung und löst die Kollision beispielsweise durch Anpassen der operativen Trajektorien **26** aneinander.

[0047] Nachdem der taktische Zielpunkt **20** (örtlich und zeitlich) erreicht wurde, gilt das Auffahrmanöver und damit auch die Kooperation für dieses Manöver als beendet. Die Planung findet nun auf operativer Planungsebene **6** statt, da aufgrund der kurzen Lücke zwischen den beiden Fahrzeugen **10**, **12** eine Kollision operativer Trajektorien **26** möglich ist, weswegen diese Ebene als die niedrigste Kaskadenebene mit einer Kollision eine Abstimmungshoheit aufweist.

[0048] Die taktische Planungsebene **4** kann sich hierbei einem sogenannten Autopilotmodus befinden,

in dem sie Zielpunkte (örtlich und zeitlich) entlang der strategischen Route **22** und taktischen Trajektorien **24** (entlang der Spurmitten) zu diesen Zielpunkten berechnet und diese an die operative Planungsebene **6** als Planungsgrundlage weitergibt. Die Fahrzeuge **10**, **12** tauschen weiterhin Nachrichten aus, um beispielsweise bei einem plötzlich auftauchenden Hindernis ein kooperatives Brems- oder Ausweichmanöver abstimmen zu können.

[0049] Das beschriebene Abstimmungsverfahren lässt sich ebenfalls auf Ein- und Abbiegeszenarien anwenden. In Szenarien, in denen beispielsweise eine Umleitung des Verkehrs aufgrund einer Stausituation oder zur Reduktion der Belastung durch Abgasausstoß durchgeführt werden soll, findet die kooperative Abstimmung beispielsweise ausschließlich auf der strategischen Planungsebene **4** statt. Die beiden anderen Planungsebenen **2**, **6** können sich im Autopilotmodus befinden. D.h. die taktische Planungsebene **4** berechnet Zielpunkte **20** (örtlich und zeitlich) entlang der strategischen Route **22** und die dazugehörigen taktischen Trajektorien **24** (entlang der Spurmitten), die an die operative Planungsebene **6** zur Planung operativer Trajektorien weitergegeben werden, welche wiederum an die Fahrzeugaktuatorik weitergereicht werden.

Patentansprüche

1. Verfahren (1) zur Manöverplanung und -durchführung eines Fahrzeugs (10) durch ein fahrzeuginternes Steuergerät (16), wobei das Steuergerät (16) eine strategische Planungsebene (2) zum Durchführen einer Routenplanung, eine taktische Planungsebene (4) zum Bereitstellen von spurgenaue Trajektorien (24) zu möglichen Zielpunkten (20) und eine operative Planungsebene (6) zum Auswählen eines Zielpunkts (20) und einer fahrbaren Trajektorie (24) zum ausgewählten Zielpunkt (20) aufweist, wobei die Planungsebenen (2, 4, 6) kaskadenartig ausgeführt werden und bei Ausführung wenigstens einer Planungsebene (2, 4, 6) ein Informationsaustausch (8) mit wenigstens einem benachbarten Fahrzeug (12) über eine Kommunikationsverbindung (18) zum Ermitteln von Kollisionen durchgeführt wird, wobei bei einer ermittelten Kollision in mindestens einer Planungsebene (2, 4, 6) eine Manöverabstimmung zwischen dem Fahrzeug (10) und dem wenigstens einen benachbarten Fahrzeug (12) über die Kommunikationsverbindung (18) durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei mindestens zwei Fahrzeuge (10, 12) jeweils ein internes Steuergerät (16) mit Planungsebenen (2, 4, 6) aufweisen, wobei zwischen den Fahrzeugen (10, 12) eine Kommunikationsverbindung (18) hergestellt wird, um bei einer ermittelten Kollision in mindestens einer Planungsebene (2, 4, 6) eine kooperative Manöverabstimmung durchzuführen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei bei einer ermittelten Kollision in mindestens einer Planungsebene (2, 4, 6) die oberhalb dieser Planungsebene angeordneten Planungsebenen bei der Manöverabstimmung nicht berücksichtigt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei mindestens zwei Fahrzeuge (10, 12) als Kooperationspartner ausgewählt werden, wenn in mindestens einer ihrer Planungsebenen (2, 4, 6) eine Kollision festgestellt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei bei einer festgestellten Kollision eine Manöverabstimmung zwischen den mindestens zwei Fahrzeugen (10, 12) durch eine Anpassung von einer Trajektorie (24, 26) von mindestens einem Fahrzeug (10, 12) ausgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Kommunikationsverbindung (18) zwischen den mindestens zwei Fahrzeugen (10, 12) nach einer durchgeführten Manöverabstimmung aufrechterhalten wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Informationsaustausch (8) geplante Trajektorien (22, 24) mit Zielpunkten (20) und Zielzeitpunkten aufweist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei in der taktischen Planungsebene (2, 4, 6) festgelegt wird, welches Fahrzeug (10, 12) im Kollisionsbereich vorausfährt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei bei mindestens einer in einer Planungsebene (2, 4, 6) festgestellten Kollision die niedrigste eine Kollision aufweisende Planungsebene (2, 4, 6) für eine kooperative Manöverabstimmung eingesetzt wird, wobei die höheren Planungsebenen (2, 4, 6) in einem automatisierten Modus betrieben werden.

10. Steuergerät (16) zum Steuern von mindestens einem Fahrzeug (10, 12) und zum Herstellen einer Kommunikationsverbindung (18) zwischen mindestens zwei Fahrzeugen (10, 12), wobei das Steuergerät (16) dazu eingerichtet ist, die Schritte des Verfahrens (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche auszuführen.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

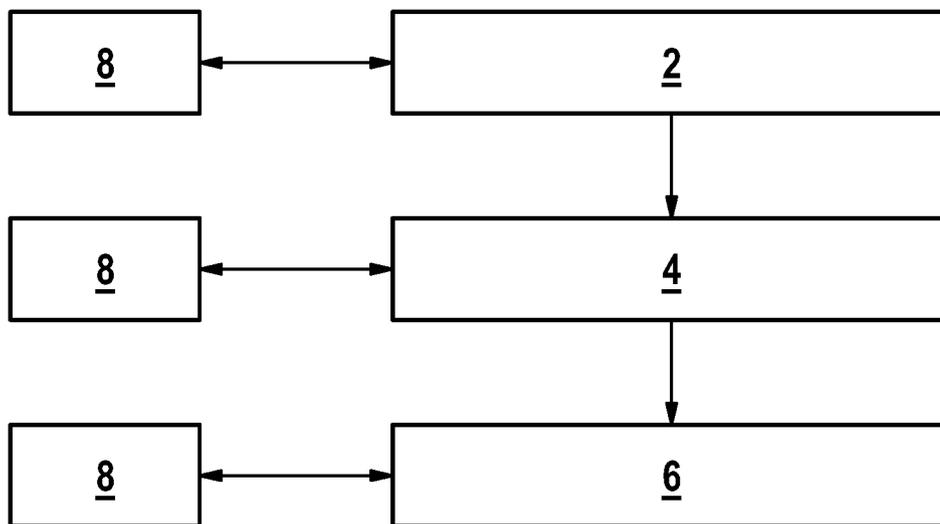


FIG. 1

FIG. 2

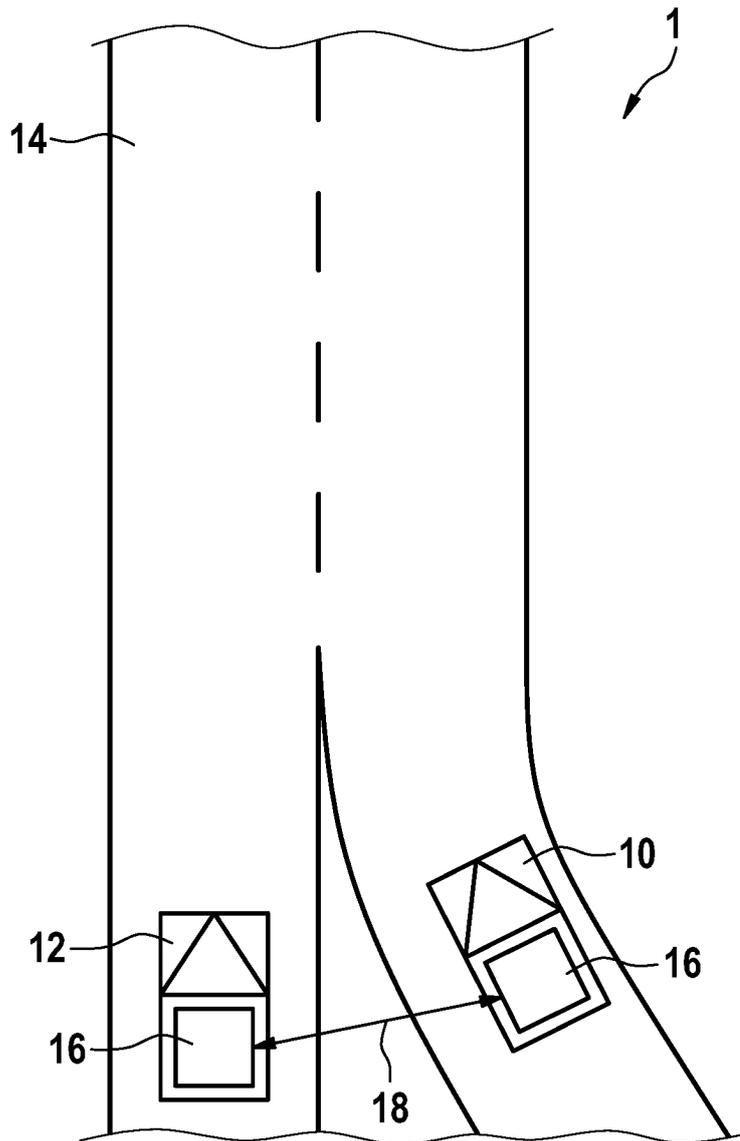


FIG. 3

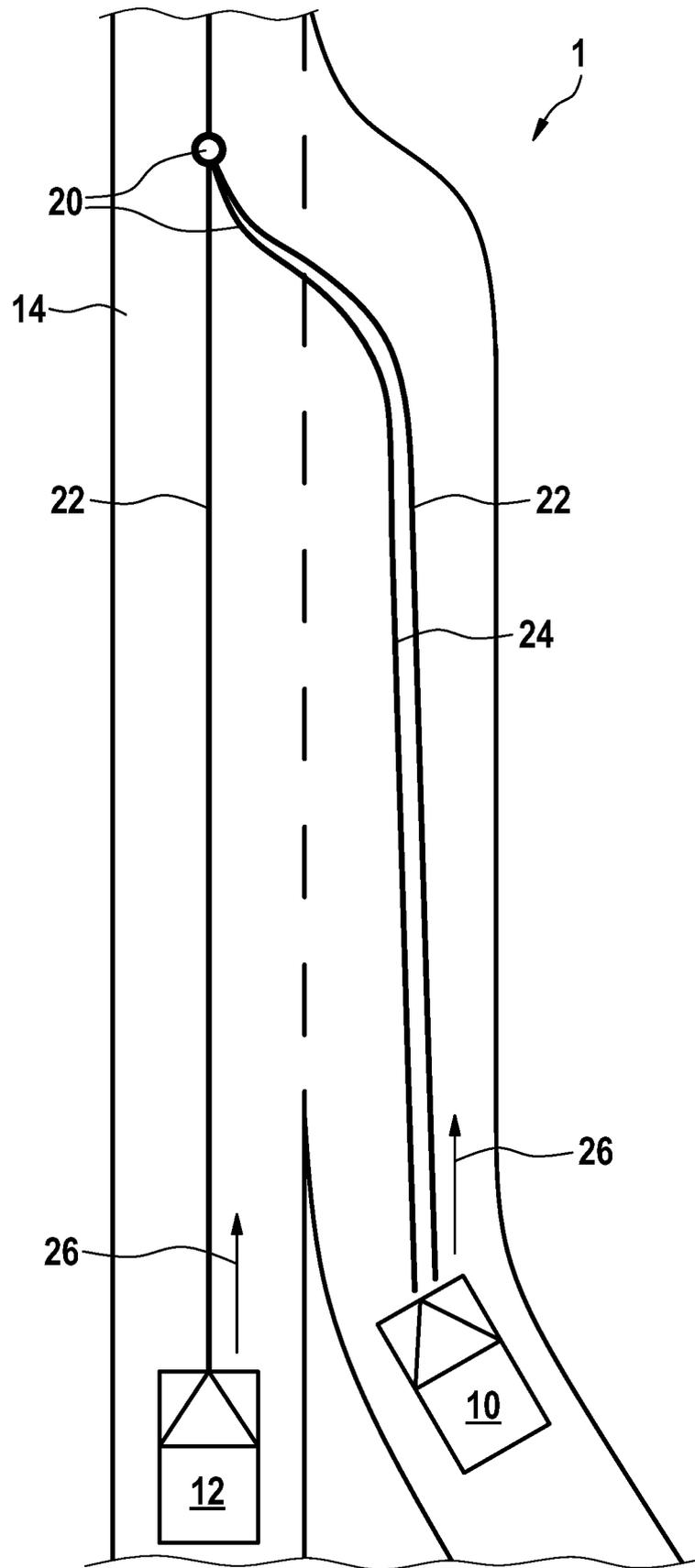


FIG. 4

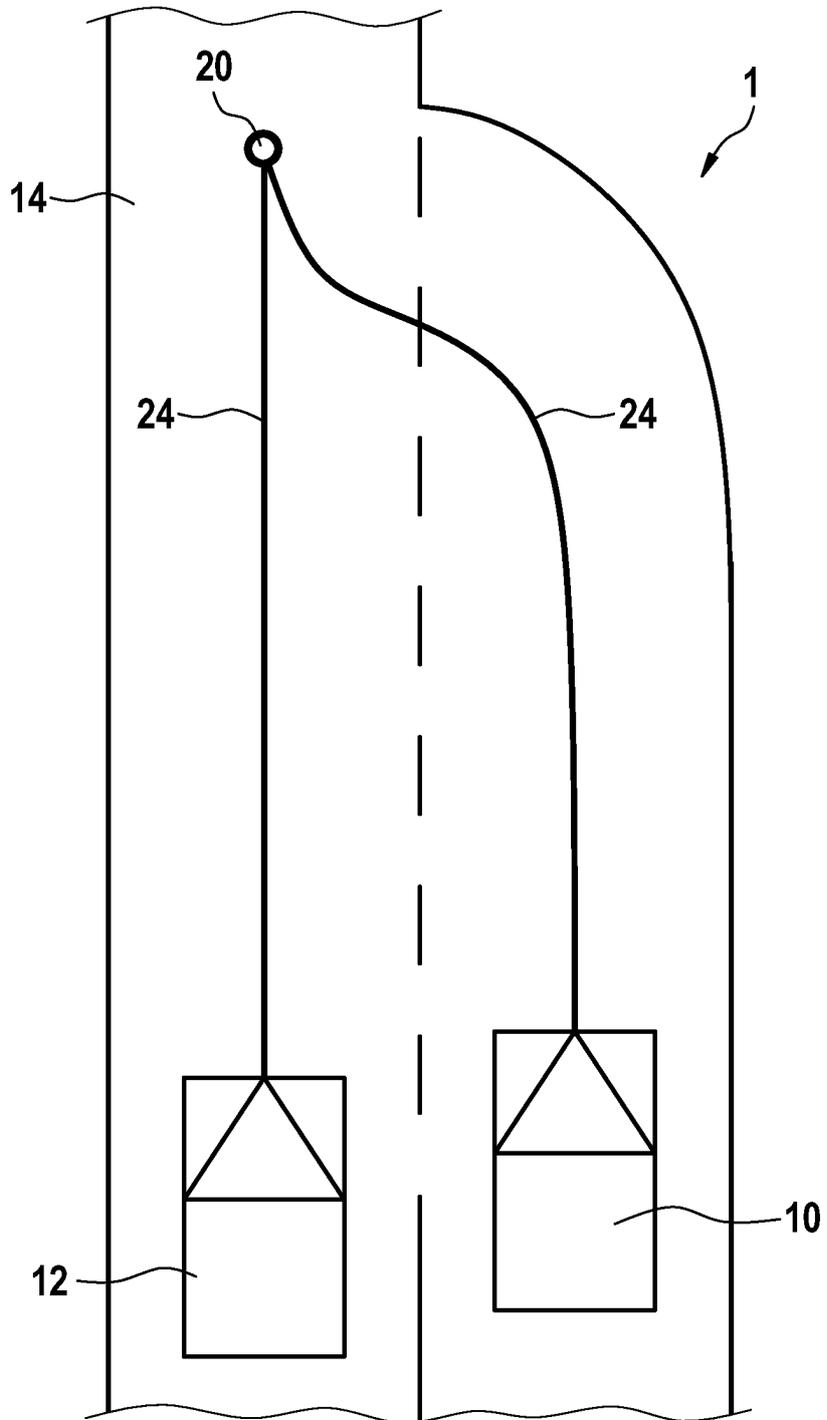


FIG. 5

