



**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

Straße bewegt wird, wobei ein zweites Fahrzeug in dem Simulationsverfahren abhängig von Steuerbefehlen eines Anwenders bewegt wird, wobei das Testfahrzeug und das zweite Fahrzeug mit der Straße optisch dem Anwender dargestellt werden, wobei während des Simulationsverfahrens Daten über das Führen des Testfahrzeuges gesammelt und abgespeichert werden. Des Weiteren ist eine Anordnung offenbart.

5 Beschreibung

Titel

Computerimplementiertes Simulationsverfahren und Anordnung zum Testen von Steuergeräten

10

Die Erfindung betrifft ein computerimplementiertes Simulationsverfahren zum Testen eines Fahrprogramms zum wenigstens teilweisen autonomen Führen eines Testfahrzeuges sowie Anordnung zum Testen von mindestens einem Steuergerät oder eines Fahrprogramms des Steuergeräts.

15

Stand der Technik

Zum Validieren von automatisierbaren Fahrzeugsystemen sollen die Fahrzeugsysteme mehrere Millionen von Kilometern absolvieren, um die Sicherheit der Fahrzeugsysteme gegenüber konventionellen, durch Fahrer gesteuerten, Fahrzeugen gewährleisten zu können.

20

In der Praxis kann zumindest ein Teil der zu absolvierenden Kilometer durch den Einsatz von Simulationen ersetzt werden. Derartige Simulationen sollten alle real möglichen Situationen widerspiegeln können. Eine Simulation, welche alle realistischen Bedingungen bzw. Szenarien abdeckt, ist jedoch schwer umzusetzen, da die simulierten Szenarien durch die Erfahrung und die Kreativität von einer definierten Anzahl an Experten und Ingenieuren begrenzt sind.

25

Aus der DE 10 2016 100 428 A1 ist eine Computervorrichtung zum Empfangen von Benutzereingaben bekannt, welche mindestens einen Testparameter auswählen, der mit autonomem Betrieb eines virtuellen Fahrzeugs in einer virtuellen Umwelt assoziiert ist. Hierdurch kann eine virtuelle Umwelt simuliert werden, die den mindestens einen Testparameter umfasst.

30

35 Offenbarung der Erfindung

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe kann darin gesehen werden, ein Verfahren und eine Anordnung vorzuschlagen, welche Daten über ein Fahrprogramm in einer Vielzahl an Fahrszenarien generieren können.

5

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

10

Nach einem Aspekt der Erfindung wird ein computerimplementiertes Simulationsverfahren zum Testen eines Fahrprogrammes zum wenigstens teilweisen autonomen Führen eines Testfahrzeuges bereitgestellt. Bei dem Verfahren wird das Testfahrzeug von dem Fahrprogramm auf einer simulierten Straße bewegt. Es wird ein zweites Fahrzeug in dem Simulationsverfahren abhängig von Steuerbefehlen eines Anwenders bewegt. Das Testfahrzeug und das zweite Fahrzeug werden mit der Straße optisch dem Anwender dargestellt. Während des Simulationsverfahrens werden Daten über das Führen des Testfahrzeuges gesammelt und abgespeichert.

15

20

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird eine Anordnung zum Testen von mindestens einem Steuergerät oder eines Fahrprogramms des Steuergeräts mit mindestens einer Testeinheit und mit mindestens einem Steuergerät oder einem Fahrprogramm des Steuergeräts bereitgestellt. Die Testeinheit ist mit dem Steuergerät oder dem Computerprogramm koppelbar. Die Anordnung ist dazu eingerichtet, alle Schritte des Verfahrens auszuführen.

25

Das automatisierbare bzw. autonome Führen eines Fahrzeugs kann gemäß der SAE J3016 Norm teilweise automatisiert, hochautomatisiert, vollständig automatisiert oder fahrerlos erfolgen.

30

Durch das Simulationsverfahren und/oder die Anordnung kann eine Möglichkeit bereitgestellt werden, welche zum Generieren von unterschiedlichen Fahrszenarien zwecks Prüfung von Funktionen von Steuergeräten bzw. deren Fahrprogrammen einsetzbar ist. Diese Funktionen bzw. die Steuergeräte können dazu eingerichtet sein automatisierbare Fahrfunktionen in Fahrzeugen auszuführen. Die optische Darstellung für den mindestens einen Anwender kann

35

durch eine Spiel-ähnliche Simulation umgesetzt werden, welche als ein Testprogramm ausgestaltet ist. Die Anwender können hierbei unterschiedliche Fahrszenarien zum Ausführen von Tests an den Steuergeräten bzw. den Funktionen erstellen, gestalten und ausführen.

5

Die Funktionen der Steuergeräte können somit anhand der frei erstellbaren Szenarien herausgefordert und durch ein Verhalten der Anwender beansprucht werden, wodurch beispielsweise Fehler in der Programmierung der Steuergeräte schneller erkannt werden. Der Anwender kann das Fahrszenario bzw. eine virtuelle Umgebung mit einem Fahrzeug bzw. dem zweiten Fahrzeug manuell befahren, welches mit einem autonomen, durch das Steuergerät geführten, Testfahrzeug im virtuellen Straßenverkehr wechselwirken kann. Hierdurch kann das durch das Steuergerät initiierte Verhalten des Testfahrzeugs und die entsprechende Interaktion des zweiten Fahrzeugs mit der virtuellen Umgebung überwacht und zum Optimieren der Funktionalität des Steuergeräts genutzt werden. Insbesondere kann die Reaktion von autonomen Fahrzeugen auf manuell gesteuerte Fahrzeuge getestet und durch den Anwender beobachtet werden. Insbesondere können gefährliche Fahrmanöver durch die Anwender ausgeführt und kritische Situationen zwischen einem manuell gesteuerten und einem durch das Steuergerät gesteuerten Fahrzeug herbeigeführt werden, um die Leistungsfähigkeit von automatisierten Fahrzeugsystemen zu prüfen. Die aus der Interaktion gewonnenen Daten können gesammelt und abgespeichert werden.

10

15

20

25

30

35

Durch das Verfahren können große Datenmengen aus Interaktionen zwischen durch Menschen gesteuerten und automatisiert gesteuerten Fahrzeugen gesammelt werden. Hierdurch können dynamisch und kombinatorisch interessante Fahrszenarien berücksichtigt werden, welche sich beispielsweise im Hinblick auf Manöver und Positionen bzw. Anordnung der Beteiligten unterscheiden können. Insbesondere können die durch das Verfahren gesammelten Testdaten als sogenannte „schwarze Schwäne“ bzw. seltene und extreme Ereignisse als eingeordnet werden, bei welchen die Leistungsfähigkeit der autonomen Steuerung bzw. des entsprechenden Steuergeräts besonders gefordert wird. Derartige Testfälle können durch theoretische Vorüberlegungen nicht berücksichtigt werden, sondern nur durch Verursachen und Auswerten von einer Vielzahl an Interaktionen. Insbesondere sind derartige, durch das Verfahren

ermittelte, Testfälle vorteilhaft für die Erforschung der sogenannten funktionalen Unzulänglichkeiten.

5 Die virtuelle Testumgebung bzw. die Fahrszenarien können im Rahmen eines Testprogramms erzeugt und ausgeführt werden, welches von der Testeinheit ausführbar ist. Die Testeinheit kann beispielsweise ein dezentraler oder ein zentraler Rechner sein. Bei einer als ein zentraler Rechner ausgeführten Testeinheit können unterschiedliche Terminal-Rechner mit der Testeinheit gekoppelt sein und verschiedene Fahrszenarien gleichzeitig erzeugen und  
10 ausführen können. Die jeweiligen Testeinheiten oder Terminal-Rechner können vorzugsweise durch Anwender bedient werden, welche die Fahrszenarien spielerisch absolvieren können.

15 Während der Durchführung der Fahrszenarien bzw. während des Befahrens der virtuellen Umgebung durch die zweiten Fahrzeuge durch Anwender können Testdaten gesammelt werden, welche das Verhalten des Testfahrzeugs bzw. des mindestens einen Steuergeräts auf die jeweiligen Situationen in den Fahrszenarien widerspiegeln. Anhand der Testdaten kann auch eine Analyse der Fahrszenarien durchgeführt werden.

20 Basierend auf dem Simulationsverfahren kann eine crowdsourcing-basierte Plattform zum Generieren von Experimentaldaten aus durchgeführten Fahrszenarien umgesetzt werden. Aufgrund einer hohen möglichen Anzahl an Anwendern und der benutzerdefiniert bzw. beliebig erstellbaren Fahrszenarien  
25 können real mögliche Situationen bei der Durchführung der Tests berücksichtigt werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass alle möglichen Situationen durch die Fahrszenarien berücksichtigt werden, kann mit steigender Anzahl an unterschiedlichen Fahrszenarien und Anwendern somit zunehmen. Eine derartige Plattform weist eine höhere Effizienz auf, als das tatsächliche Befahren  
30 von mehreren Millionen von Kilometern mit Fahrzeugen.

35 Darüber hinaus kann durch eine derartige Vorgehensweise die Akzeptanz von automatisierten Fahrsystemen in der Öffentlichkeit gefördert werden, da automatisierte Fahrsysteme durch die Anwender beliebig herausgefordert und beansprucht werden können. Der Zugang zu einer derartigen Plattform kann hierzu beispielsweise öffentlich bereitgestellt werden. Das durch die Anordnung

ausführbare Verfahren kann die Vorteile vom sogenannten „Big Data“ und vom Fachwissen kombinieren.

5 Des Weiteren ist bisher nur wenig über das Generieren von neuen bzw. bisher unbekanntem Fahrszenarien bekannt. Insbesondere sind übliche Simulationen dazu ausgerichtet Fahrszenarien zu berücksichtigen, die explizit programmiert wurden und somit im Vorfeld bekannt sind. Dies stellt eine Begrenzung der möglichen Einsatzbedingungen dar. Das erfindungsgemäße Simulationsverfahren weist derartige Nachteile nicht auf.

10 Gemäß einer Ausführungsform werden während des Simulationsverfahrens Daten über das Führen des zweiten Fahrzeuges und/oder des Testfahrzeugs durch das Fahrprogramm gesammelt und abgespeichert. Anhand der beliebigen einstellbaren Betriebsbedingungen und der Umgebung des jeweiligen Fahrszenarios kann eine Vielzahl an möglichen Use-Cases durchgeführt werden. Insbesondere kann durch die Szenarien das mindestens eine Steuergerät im Hinblick auf seine Funktionsfähigkeit, Sicherheit und Fehlertoleranz getestet und gefordert werden. Hierdurch kann eine große Datenmenge erzeugt und abgespeichert werden, welche für eine weitere Analyse zur Verfügung steht.

20 Nach einer weiteren Ausführungsform sind Fahrszenarien abgespeichert, wobei Fahrszenarien, die während der Simulation auftreten, mit den abgespeicherten Fahrszenarien verglichen werden. Bei Vorliegen einer vorgegebenen Ähnlichkeit oder Identität eines abgespeicherten Fahrszenarios mit einer in der Simulation auftretenden Fahrszenario wird wenigstens ein Teil der Steuerbefehle des Fahrprogramms für das Testfahrzeug und/oder wenigstens ein Teil der Steuerbefehle für das zweite Fahrzeug erfasst und abgespeichert. Durch einen derartigen Vergleich der bereits gespeicherten mit vorliegenden bzw. aktuell durchgeführten Fahrszenarien können Wiederholungen in den gespeicherten Testdaten vermieden und der Speicherplatzbedarf gesenkt werden. Insbesondere kann die Auswertung der Daten hierdurch vereinfacht werden, da mehrfach in einem Speicher hinterlegte oder ähnliche Fahrszenarien nicht gefiltert werden müssen.

35 Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden wenigstens ein Teil der Steuerbefehle des Fahrprogramms für das Testfahrzeug während einer

vorgegebenen Zeitdauer erfasst und abgespeichert. Zum weiteren Reduzieren von gespeicherten Daten können nur die Testdaten gespeichert werden, welche innerhalb eines Fahrszenarios relevant sind. Dies können insbesondere Testdaten innerhalb eines Zeitintervalls vor und hinter einem Unfall oder einem aufgetretenen Fehler des Fahrprogramms sein. Des Weiteren kann ein Nicht-Befolgen von Verkehrsregeln und die resultierenden Reaktionen des Testfahrzeugs als relevant eingestuft und gespeichert werden.

Nach einer weiteren Ausführungsform werden wenigstens ein Teil der Steuerbefehle für das zweite Fahrzeug während einer vorgegebenen Zeitdauer erfasst und abgespeichert. Alternativ oder zusätzlich zu der Analyse der Testdaten des Testfahrzeugs kann durch das Analysieren der Steuerbefehle und des Verhaltens des Anwenders ein Zusammenhang zu einem Verhalten bzw. einer Reaktion des Testfahrzeugs hergestellt werden. Die Auswertung der Fahrszenarien kann somit präziser durchgeführt werden.

Nach einer weiteren Ausführungsform weist ein abgespeichertes Fahrszenario ein Verlassen der Straße durch das Testfahrzeug oder ein Verlassen der Straße durch das zweite Fahrzeug oder ein Zusammenstoß des Fahrzeuges mit dem Testfahrzeug oder einen ausgelösten Fehlermodus des Fahrprogramms auf. Hierdurch kann das Fahrszenario bei welchem ein Fehler, ein Unfall und dergleichen aufgetreten ist, zum Durchführen einer Analyse verwendet werden. Hierdurch kann die Datenmenge reduziert werden, da nur sicherheitsrelevante Testdaten aufgezeichnet und gespeichert werden. Die gespeicherten Testdaten können für eine weitere Entwicklung oder Fehlerbehebung der Steuergeräte-Software bzw. des Fahrprogramms eingesetzt werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden die abgespeicherten Daten des Testfahrzeuges verwendet, um wenigstens einen Teil der Steuerbefehle des Fahrprogrammes zu ändern, wobei insbesondere das geänderte Fahrprogramm von einem Steuergerät verwendet wird, um ein reales Fahrzeug zu steuern. Das Fahrprogramm kann insbesondere eine Software von einem Steuergerät sein, welches für die Ausführung einer automatisierten Fahrfunktion in einem realen Fahrzeug zuständig ist. Die durch das Simulationsverfahren ermittelten Daten und Messwerte können zur Fehlerbehebung und zum Optimieren des Fahrprogramms genutzt werden, sodass Steuergeräte virtuell verbessert und für

den Straßenverkehr vorbereitet werden können. Das Fahrprogramm kann insbesondere den Zusammenhang zwischen Sensormessdaten des Fahrzeugs und der Generierung von Steuerbefehlen herstellen und somit situationsabhängig das Fahrzeug automatisiert steuern können. Hierzu kann das Fahrprogramm auf einem Speicher des Steuergeräts hinterlegt sein und vom Steuergerät ausführbar ausgestaltet sein.

Nach einer weiteren Ausführungsform wird eine Funktionalität des zweiten Fahrzeuges verbessert, wenn während der Simulation ein neues Fahrscenario für das Testfahrzeug aufgetreten ist. Ein neues Fahrscenario liegt vor, wenn eine entsprechende Fahrsituation bisher nicht im Speicher hinterlegt wurde. Des Weiteren kann ein neues Fahrscenario vorliegen, wenn ein bisher unbekannter Unfall oder ein unbekannter Fehler entsteht. In einem derartigen Fall kann der Anwender für das Testen des Steuergeräts durch das Ausführen des Fahrscenarios und/oder für das Aufdecken von mindestens einem Fehler während der Ausführung des Fahrscenarios belohnt werden. Anwender können somit dazu motiviert werden, unbekannte Fahrscenarios zu entwickeln und die automatisierbaren Fahrfunktionen zu fordern. Beispielsweise kann ein Anwender für das Verursachen bzw. Erzeugen eines bisher nicht bekannten Fehlers höher entlohnt werden. Zum Entlohnen können beispielsweise sogenannte Token oder Wertmarken eingesetzt werden. Des Weiteren kann das zweite Fahrzeug als eine mögliche Belohnung verbessert oder verändert werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird als Fahrprogramm eine Echtzeitsimulation eines Programmes eines Steuergerätes zum wenigstens teilautomatisierten Führen eines realen Fahrzeuges verwendet. Hierdurch kann die Reaktion des Steuergeräts auf unterschiedliche Situationen geprüft und ausgewertet werden. Aufgrund der im Vorfeld durchgeführten virtuellen Analyse durch die unterschiedlichen Fahrscenarios kann das Steuergerät kostengünstig für den Straßenverkehr optimiert werden.

Nach einer weiteren Ausführungsform werden Hinweise für den Anwender ausgegeben, um eine vorgegebene Fahrsituation im Zusammenhang mit dem Testfahrzeug auszuführen. Insbesondere kann der mindestens eine Anwender durch die Testeinheit zur Interaktion innerhalb des Fahrscenarios aufgefordert werden. Alternativ oder zusätzlich werden dem Anwender Informationen über die

automatisierbaren Fahrfunktionen bereitgestellt. Das Auffordern zur Interaktion kann durch Hinweise erfolgen, welche dem Anwender angezeigt werden. Hierdurch kann der Anwender das autonom betreibbare Fahrzeug kennenlernen und beispielsweise gemäß dem Hinweis mit dem Fahrzeug interagieren. Somit kann über autonome Fahrzeuge informiert und eine sichere Interaktion trainiert werden. Insbesondere kann hierdurch die Akzeptanz von Verkehrsteilnehmern gegenüber automatisiert betriebbaren Fahrzeugen gesteigert werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform werden Gefahrmetriken berechnet. Dies kann bei einem Ausführen von Fahrszenarios durch einen Anwender durchgeführt werden. Eine Gefahrmetriken stellt beispielsweise eine Gefahreinstufung zum Ermitteln eines Eigenverschuldens des Anwenders durch die Testeinheit dar. Hierdurch kann geprüft werden, ob ein Fehler oder eine durch das automatisiert betriebene Testfahrzeug erzeugte kritische Situation durch einen Fehler des Steuergeräts oder durch einen Anwender herbeigeführt wurde. Eine kritische Situation kann beispielsweise ein Unfall oder ein unbeabsichtigtes Verlassen einer Fahrspur oder Fahrbahn sein. Darüber hinaus kann ein Einleiten einer Notbremsung ebenfalls als kritisch eingestuft werden.

Zum Durchführen der Gefahreinstufung kann die Testeinheit im Hintergrund eine Gefahrmetriken ermitteln, welche beispielsweise eine Zeit bis zu einer Kollision, Gefährdungspotential eines Bremsmanövers und dergleichen aufweist. Des Weiteren kann durch die Testeinheit geprüft werden, inwiefern das in der virtuellen Umgebung autonom betriebene Fahrzeug bzw. Testfahrzeug oder ein Anwender-gesteuertes Fahrzeug sich an geltende Regeln und Gesetze hält. Hierdurch kann insbesondere ein Eigenverschulden oder Fremdverschulden ermittelt werden. Im Rahmen der Analyse des Verhaltens der beteiligten Fahrzeuge in der virtuellen Umgebung des jeweiligen Fahrszenarios kann auch eine Manöver-Grenzbetrachtungen umgesetzt werden.

Die anhand von Legalität eines Verhaltens, ermittelter Gefahrmetriken oder durch Fehlerfall identifizierten Fahrszenarios können insbesondere für sogenannte „Replay“ Simulationen gespeichert werden. Basierend auf den gespeicherten Daten kann das zuvor identifizierte Fahrszenario erneut mit einer aktualisierten Software des Steuergeräts bzw. aktualisierter autonomer Fahrzeugsteuerung

virtuell durchgeführt werden, um beispielsweise ein erneutes Auftreten von Fehlern auszuschließen.

5 Nach einer weiteren Ausführungsform werden Hinweise für den Anwender ausgegeben, die eine Beurteilung der Steuerung des zweiten Fahrzeuges bewerten. Dem Anwender bzw. dem Spieler kann auf Wunsch mitgeteilt werden wie gefährlich sein Verhalten eingestuft wird, sodass er in den Interaktionen kreativ werden kann. Kritische Manöver, welche beispielsweise ein hohes Gefährdungspotential aufweisen oder nicht regelkonform sind, können  
10 berücksichtigt und ausgewertet oder zwecks Auswertung an eine zentrale Servereinheit von der Testeinheit übermittelt bzw. gespeichert werden.

In einer Ausführungsform verursacht beispielsweise ein Anwender eine Kollision, wird diese nicht ausgeführt. Vielmehr wird das zweite Fahrzeug des Anwenders  
15 kollisionsfrei auf eine Starposition gesetzt. Durch die Testeinheit können Hinweise eingeblendet werden und dem Anwender erklären, dass auch ein autonomes Fahrzeug in dynamisch unvermeidbaren Situationen Unfälle machen kann. Hierdurch kann die Technikkommunikation, Aufklärung und Technikakzeptanz gefördert werden.

20 Nach einer weiteren Ausführungsform ist mindestens ein durch die Testeinheit erzeugte Fahrscenario als ein Rundkurs oder als ein Streckenabschnitt ausgestaltet. Hierbei kann das Umfeld des Fahrscenarios Häuserblocks, Ampeln, Infrastruktur und die Umgebung von Straßen beinhalten. Der Anwender kann  
25 somit zusammen mit weiteren Anwendern und automatisierten Fahrern im Rundkurs oder über einen zufällig generierten Abschnitt einer Fahrbahn virtuell fahren. Der Abschnitt kann beispielsweise eine Autobahn, eine Landstraße, ein Stadtabschnitt und dergleichen sein. Bevorzugterweise wird mindestens ein  
30 Fahrzeug durch das Steuergerät innerhalb der Umgebung des Fahrscenarios gesteuert.

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

Fig. 1 einen schematischen Vergleich zwischen einer konventionellen Simulation und dem erfindungsgemäßen Verfahren,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Anordnung mit mehreren Testeinheiten und

Fig. 3 ein schematisches Ablaufdiagramm zum Veranschaulichen eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

10 In der Figur 1 ist ein schematischer Vergleich zwischen einer konventionellen Simulation 2 und dem erfindungsgemäßen Simulationsverfahren 1 verdeutlicht. Insbesondere werden bei konventionellen Simulationen 2 von Fachleuten festgelegte Situationen bzw. Fahrscenarien definiert, welche durch die Simulation berücksichtigt werden. Gemäß dem Ausführungsbeispiel sind eine  
15 Auffahrsituation 3 und ein Autobahnabschnitt 4 als Fahrscenarien der konventionellen Simulation 2 dargestellt.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren 1, können durch beliebig viele Anwender unterschiedliche Szenarien 6, 8 erzeugt und gespeichert werden. Der Einfachheit halber sind zwei Szenarien 6, 8 dargestellt, wobei beliebig viele Szenarien durch die Anwender stellt und ausgeführt werden können. Mindestens ein von einem Anwender ausgeführtes Fahrscenario 9 kann zumindest teilweise gespeichert werden und mit den bereits gespeicherten Fahrscenarien 6, 8 verglichen werden. Hierdurch können ähnliche oder identische Fahrscenarien aussortiert werden.

25 Die Parameter, Verkehrssituationen, Umweltbedingungen, Fahrzeugdichte und dergleichen können beliebig eingestellt werden. Insbesondere kann das Verhalten von mindestens einem durch den Anwender manuell gesteuertes zweites Fahrzeug 12 auf ein durch ein Steuergerät 22 automatisiert gesteuertes Fahrzeug bzw. Testfahrzeug 10 unmittelbar beeinflusst werden.

Die Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Anordnung 14 mit mehreren Testeinheiten 16. Die Testeinheiten 16 sind gemäß dem Ausführungsbeispiel als Rechner ausgestaltet und werden von Anwendern 18  
35 gesteuert.

Die Testeinheiten 16 weisen einen Speicher 20 auf, auf welchem ein Testprogramm 22 gespeichert ist. Insbesondere können die Testeinheiten 16, gesteuert durch die Anwender 18, durch das Ausführen des Testprogramms 22 das Verfahren 1 durchführen. Die durchgeführten Fahrscenarien 6, 8, 9 können auf dem Speicher 20 gespeichert werden.

Die Testeinheiten 16 sind jeweils mit Steuergeräten 24 gekoppelt. Die Steuergeräte 24 können hierbei in Form einer Steuer-Software bzw. des Fahrprogramms oder als hardwarebasierte Steuergeräte ausgestaltet sein. Durch die Steuergeräte 24 können die automatisiert betreibbaren Fahrzeuge 10 in der virtuellen Umgebung gesteuert werden. Im Rahmen der ausgeführten Szenarien 6, 8, 9 können die Steuergeräte 24 unterschiedlichen Bedingungen und Situationen ausgesetzt werden, welche durch die Anwender 18 frei bestimmbar sind.

Die jeweiligen Testeinheiten 16 sind über Kommunikationsverbindungen 26, 28 untereinander und mit einer externen Servereinheit 30 datenleitend verbunden. Hierzu können die Testeinheiten 16, der Übersicht halber nicht dargestellte, Kommunikationseinheiten zum Herstellen der Kommunikationsverbindungen 26, 28 aufweisen.

Die Figur 3 zeigt ein schematisches Ablaufdiagramm zum Veranschaulichen eines Verfahrens 1 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Das computerimplementierte Simulationsverfahren 1 dient zum Testen eines Fahrprogrammes zum wenigstens teilweisen autonomen Führen des Testfahrzeuges 10.

In einem Schritt wird das Testfahrzeug 10 von dem Fahrprogramm in einem simulierten Umfeld bewegt 31.

Das zweite Fahrzeug 12 wird in dem Simulationsverfahren 1 abhängig von Steuerbefehlen eines Anwenders 18 bewegt 32. Es können auch weitere von weiteren Anwendern oder vom Testprogramm gesteuerte Fahrzeuge in dem virtuellen Umfeld positioniert sein und mit dem Testfahrzeug 10 interagieren.

Das Testfahrzeug 10 und zumindest das zweite Fahrzeug 12 werden dem Anwender 18 mit dem Umfeld optisch dargestellt 33.

5 Während der Ausführung des Fahr Szenarios 6, 8, 9 werden Testdaten zum Durchführen einer Auswertung gesammelt 34. Die Testdaten können beispielsweise Trajektorien der beteiligten Fahrzeuge 10, 12 und die virtuellen  
Sensor Daten aufweisen, welche abhängig von der Simulationszeit gespeichert werden. Darüber hinaus können die Testdaten auch die Steuerbefehle der  
10 Anwender 18 sowie des Steuergeräts 24 und mögliche Fehlermeldungen aufweisen.

## 5 Ansprüche

1. Computerimplementiertes Simulationsverfahren (1) zum Testen eines Fahrprogrammes zum wenigstens teilweisen autonomen Führen eines Testfahrzeuges (10), wobei das Testfahrzeug (10) von dem Fahrprogramm in einem simulierten Umfeld bewegt wird (31), wobei ein zweites Fahrzeug (12) in dem Simulationsverfahren (1) abhängig von Steuerbefehlen eines Anwenders (18) bewegt wird (32), wobei das Testfahrzeug (10) und das zweite Fahrzeug (12) mit dem Umfeld optisch dem Anwender (18) dargestellt werden (33), wobei während des Simulationsverfahrens (1) Daten über das Führen des Testfahrzeuges (10) gesammelt und abgespeichert werden (34).
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei während des Simulationsverfahrens (1) Daten über das Führen des zweiten Fahrzeuges (12) gesammelt und abgespeichert werden.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Fahrscenarien (6, 8) abgespeichert sind, wobei Fahrscenarien (9), die während der Simulation auftreten, mit den abgespeicherten Fahrscenarien (6, 8) verglichen werden, wobei bei Vorliegen einer vorgegebenen Ähnlichkeit oder Identität eines abgespeicherten Fahrscenarios (6, 8) mit einer in der Simulation auftretenden Fahrscenarior (9) wenigstens ein Teil der Steuerbefehle des Fahrprogrammes für das Testfahrzeug (10) und/oder wenigstens ein Teil der Steuerbefehle für das zweite Fahrzeug (12) erfasst und abgespeichert werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei wenigstens ein Teil der Steuerbefehle des Fahrprogrammes für das Testfahrzeug (10) während einer vorgegebenen Zeitdauer erfasst und abgespeichert werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 4, wobei wenigstens ein Teil der Steuerbefehle für das zweite Fahrzeug (12) während einer vorgegebenen Zeitdauer erfasst und abgespeichert werden.
- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei ein abgespeichertes Fahrscenario (6, 8) ein Verlassen einer Straße des Umfelds durch das Testfahrzeug (10) oder ein Verlassen der Straße durch das zweite Fahrzeug (12) oder ein Zusammenstoß des Fahrzeuges (12) mit dem Testfahrzeug (10) oder einen ausgelösten Fehlermodus des Fahrprogramms  
10 aufweist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die abgespeicherten Daten des Testfahrzeuges (10) verwendet werden, um wenigstens einen Teil der Steuerbefehle des Fahrprogrammes zu ändern,  
15 wobei insbesondere das geänderte Fahrprogramm von einem Steuergerät (24) verwendet wird, um ein reales Fahrzeug zu steuern.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Funktionalität des zweiten Fahrzeuges verbessert wird, wenn während der  
20 Simulation ein neues Fahrscenario für das Testfahrzeug aufgetreten ist.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei als Fahrprogramm eine Echtzeitsimulation eines Programmes eines Steuergerätes (24) zum wenigstens teilautomatisierten Führen eines realen  
25 Fahrzeuges verwendet wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Hinweise für den Anwender (18) ausgegeben werden, um eine vorgegebene Fahrsituation im Zusammenhang mit dem Testfahrzeug (10) auszuführen.  
30
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Gefahrmetriken berechnet werden.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Hinweise für den Anwender (18) ausgegeben werden, die eine Beurteilung der Steuerung des zweiten Fahrzeuges (12) bewerten.  
35

13. Anordnung (14) zum Testen von mindestens einem Steuergerät (24) oder eines Fahrprogramms des Steuergeräts (24) mit mindestens einer Testeinheit (16) und mit mindestens einem Steuergerät (24) oder einem Fahrprogramm des Steuergeräts (24), wobei die Testeinheit (16) mit dem Steuergerät (24) oder dem Fahrprogramm koppelbar ist und wobei die Anordnung (14) dazu eingerichtet ist, alle Schritte des Verfahrens (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche auszuführen.

5

10

Fig. 1

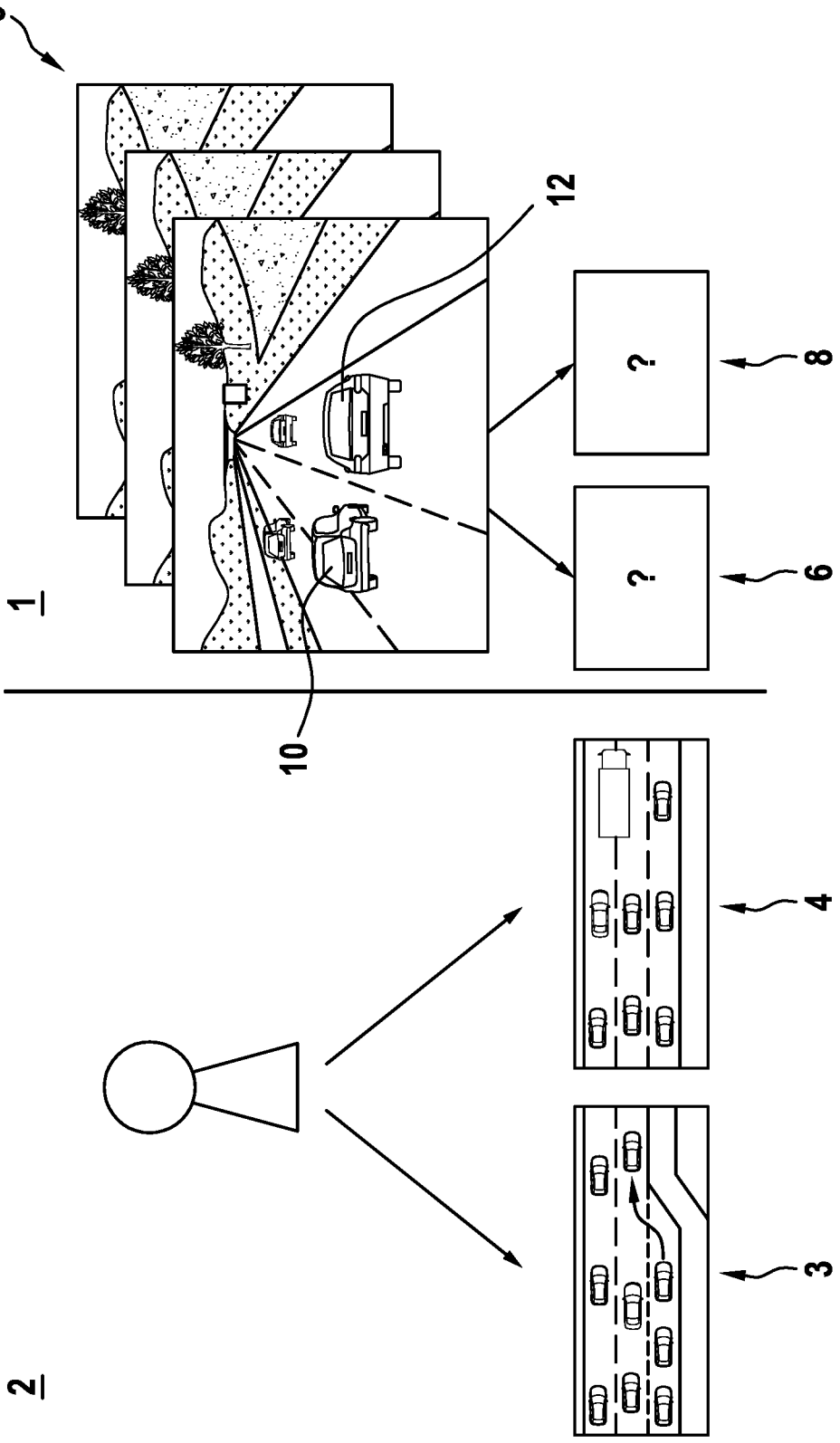


Fig. 2

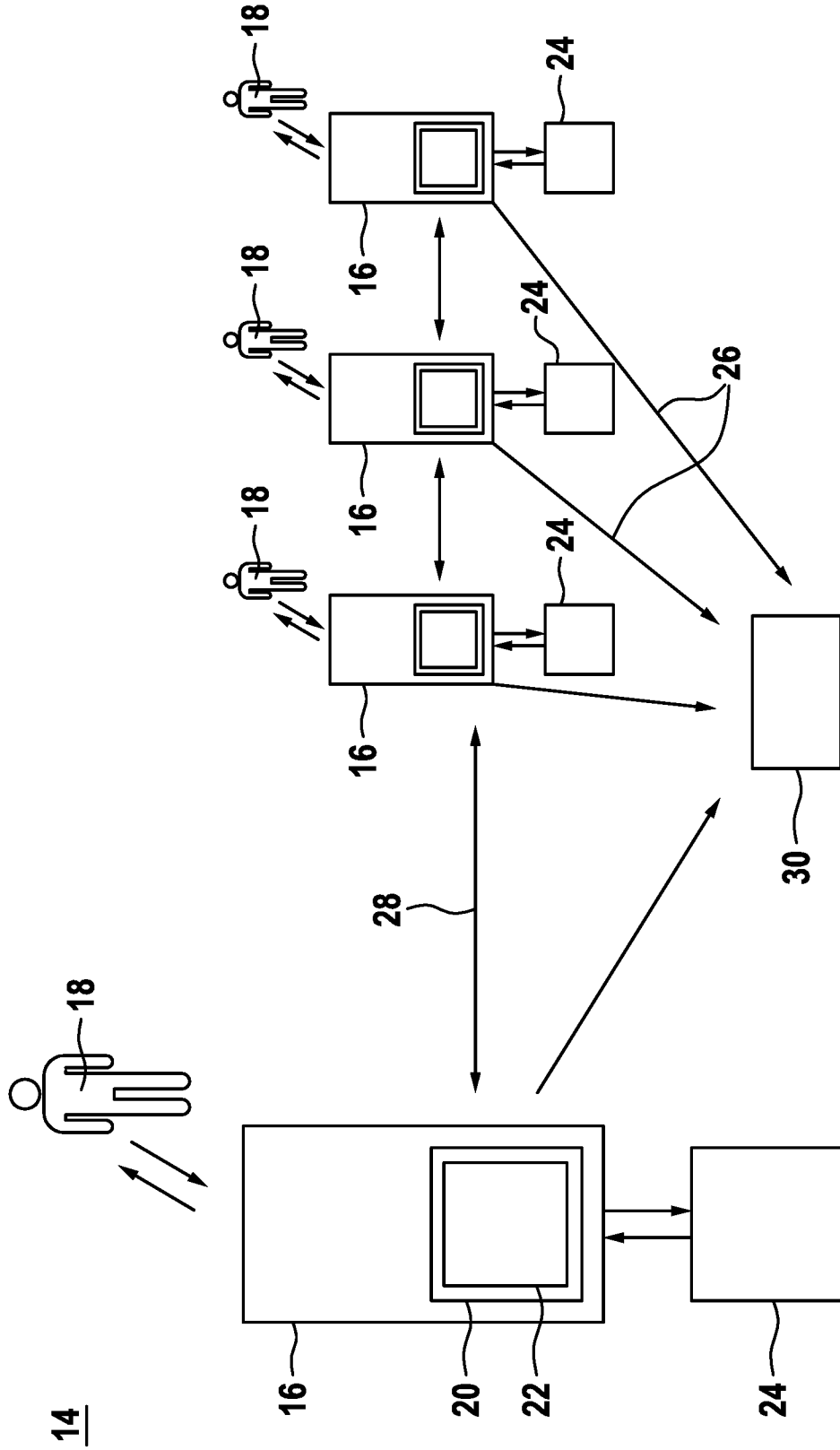
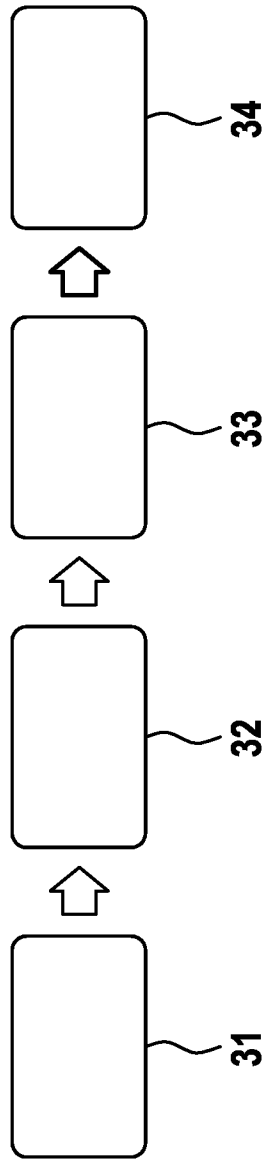


Fig. 3

1



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/068525

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br><i>G05B 17/02</i> (2006.01)i; <i>G09B 9/04</i> (2006.01)i  |  |  |
|--|--|--|
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC  |  |  |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b>  |  |  |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>G05B; G09D; G09B; G06Q  |  |  |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  |  |  |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>EPO-Internal, WPI Data   |  |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |  |  |
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.  |
| X  | US 2016314224 A1 (WEI JEROME H [US] ET AL) 27 October 2016 (2016-10-27)<br>abstract<br>figures 1, 5, 6<br>paragraphs [0016] - [0049]       | 1-13   |
| A  | US 9691298 B1 (HSU-HOFFMAN CHIENLAN [US] ET AL) 27 June 2017 (2017-06-27)<br>abstract<br>figure 1<br>column 3, line 38 - column 23, line 3 | 1-13   |
| A  | US 10026130 B1 (KONRARDY BLAKE [US] ET AL) 17 July 2018 (2018-07-17)<br>abstract<br>figure 5<br>column 23, line 9 - column 44, line 27     | 1-13   |
| A  | US 2013073138 A1 (CALLOW GLENN MICHAEL [GB]) 21 March 2013 (2013-03-21)<br>abstract<br>figure 1<br>paragraphs [0025] - [0088]              | 1-13   |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.   |  |  |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"&" document member of the same patent family |  |  |
| Date of the actual completion of the international search<br><b>30 September 2019</b>  |  | Date of mailing of the international search report<br><b>08 October 2019</b> |
| Name and mailing address of the ISA/EP<br><b>European Patent Office<br/>p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk<br/>Netherlands</b><br>Telephone No. (+31-70)340-2040<br>Facsimile No. (+31-70)340-3016  |  | Authorized officer<br><b>Hageman, Elodie</b><br>Telephone No.                |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/068525**

| Patent document cited in search report |            |    | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) |            |    | Publication date (day/month/year) |
|--|------------|----|-----------------------------------|-------------------------|------------|----|-----------------------------------|
| US                                     | 2016314224 | A1 | 27 October 2016                   | EP                      | 3286610    | A1 | 28 February 2018                  |
|  |            |    |                                   | JP                      | 2018514042 | A  | 31 May 2018                       |
|  |            |    |                                   | US                      | 2016314224 | A1 | 27 October 2016                   |
|  |            |    |                                   | WO                      | 2016172009 | A1 | 27 October 2016                   |
| -----                                  |            |    |                                   |                         |            |    |                                   |
| US                                     | 9691298    | B1 | 27 June 2017                      | NONE                    |            |    |                                   |
| -----                                  |            |    |                                   |                         |            |    |                                   |
| US                                     | 10026130   | B1 | 17 July 2018                      | US                      | 9646428    | B1 | 09 May 2017                       |
|  |            |    |                                   | US                      | 9715711    | B1 | 25 July 2017                      |
|  |            |    |                                   | US                      | 9754325    | B1 | 05 September 2017                 |
|  |            |    |                                   | US                      | 9767516    | B1 | 19 September 2017                 |
|  |            |    |                                   | US                      | 9792656    | B1 | 17 October 2017                   |
|  |            |    |                                   | US                      | 9805423    | B1 | 31 October 2017                   |
|  |            |    |                                   | US                      | 9852475    | B1 | 26 December 2017                  |
|  |            |    |                                   | US                      | 9858621    | B1 | 02 January 2018                   |
|  |            |    |                                   | US                      | 10026130   | B1 | 17 July 2018                      |
|  |            |    |                                   | US                      | 10043323   | B1 | 07 August 2018                    |
|  |            |    |                                   | US                      | 10055794   | B1 | 21 August 2018                    |
|  |            |    |                                   | US                      | 10089693   | B1 | 02 October 2018                   |
|  |            |    |                                   | US                      | 10181161   | B1 | 15 January 2019                   |
|  |            |    |                                   | US                      | 10185997   | B1 | 22 January 2019                   |
|  |            |    |                                   | US                      | 10223479   | B1 | 05 March 2019                     |
|  |            |    |                                   | US                      | 10354330   | B1 | 16 July 2019                      |
| -----                                  |            |    |                                   |                         |            |    |                                   |
| US                                     | 2013073138 | A1 | 21 March 2013                     | AU                      | 2011254401 | A1 | 20 December 2012                  |
|  |            |    |                                   | EP                      | 2572248    | A1 | 27 March 2013                     |
|  |            |    |                                   | ES                      | 2534998    | T3 | 04 May 2015                       |
|  |            |    |                                   | GB                      | 2492739    | A  | 09 January 2013                   |
|  |            |    |                                   | MY                      | 164162     | A  | 30 November 2017                  |
|  |            |    |                                   | US                      | 2013073138 | A1 | 21 March 2013                     |
|  |            |    |                                   | WO                      | 2011144929 | A1 | 24 November 2011                  |
| -----                                  |            |    |                                   |                         |            |    |                                   |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G05B17/02 G09B9/04  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 G05B G09D G09B G06Q

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| X          | US 2016/314224 A1 (WEI JEROME H [US] ET AL) 27. Oktober 2016 (2016-10-27)<br>Zusammenfassung<br>Abbildungen 1, 5, 6<br>Absätze [0016] - [0049]            | 1-13               |
| A          | US 9 691 298 B1 (HSU-HOFFMAN CHIENLAN [US] ET AL) 27. Juni 2017 (2017-06-27)<br>Zusammenfassung<br>Abbildung 1<br>Spalte 3, Zeile 38 - Spalte 23, Zeile 3 | 1-13               |
| A          | US 10 026 130 B1 (KONRARDY BLAKE [US] ET AL) 17. Juli 2018 (2018-07-17)<br>Zusammenfassung<br>Abbildung 5<br>Spalte 23, Zeile 9 - Spalte 44, Zeile 27     | 1-13               |
|            | -----<br>-/--   |                    |

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. September 2019

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

08/10/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hageman, Elodie

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |  |                    |
|---|--|--------------------|
| Kategorie*  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
| A   | US 2013/073138 A1 (CALLOW GLENN MICHAEL [GB]) 21. März 2013 (2013-03-21)<br>Zusammenfassung<br>Abbildung 1<br>Absätze [0025] - [0088]<br>----- | 1-13               |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/068525

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 2016314224 A1                                   | 27-10-2016                    | EP 3286610 A1                     | 28-02-2018                    |
|  |                               | JP 2018514042 A                   | 31-05-2018                    |
|  |                               | US 2016314224 A1                  | 27-10-2016                    |
|  |                               | WO 2016172009 A1                  | 27-10-2016                    |
| -----  |                               |                                   |                               |
| US 9691298 B1                                      | 27-06-2017                    | KEINE                             |                               |
| -----  |                               |                                   |                               |
| US 10026130 B1                                     | 17-07-2018                    | US 9646428 B1                     | 09-05-2017                    |
|  |                               | US 9715711 B1                     | 25-07-2017                    |
|  |                               | US 9754325 B1                     | 05-09-2017                    |
|  |                               | US 9767516 B1                     | 19-09-2017                    |
|  |                               | US 9792656 B1                     | 17-10-2017                    |
|  |                               | US 9805423 B1                     | 31-10-2017                    |
|  |                               | US 9852475 B1                     | 26-12-2017                    |
|  |                               | US 9858621 B1                     | 02-01-2018                    |
|  |                               | US 10026130 B1                    | 17-07-2018                    |
|  |                               | US 10043323 B1                    | 07-08-2018                    |
|  |                               | US 10055794 B1                    | 21-08-2018                    |
|  |                               | US 10089693 B1                    | 02-10-2018                    |
|  |                               | US 10181161 B1                    | 15-01-2019                    |
|  |                               | US 10185997 B1                    | 22-01-2019                    |
|  |                               | US 10223479 B1                    | 05-03-2019                    |
| US 10354330 B1                                     | 16-07-2019                    |                                   |                               |
| -----  |                               |                                   |                               |
| US 2013073138 A1                                   | 21-03-2013                    | AU 2011254401 A1                  | 20-12-2012                    |
|  |                               | EP 2572248 A1                     | 27-03-2013                    |
|  |                               | ES 2534998 T3                     | 04-05-2015                    |
|  |                               | GB 2492739 A                      | 09-01-2013                    |
|  |                               | MY 164162 A                       | 30-11-2017                    |
|  |                               | US 2013073138 A1                  | 21-03-2013                    |
|  |                               | WO 2011144929 A1                  | 24-11-2011                    |
| -----  |                               |                                   |                               |