

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. Oktober 2023 (26.10.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/201383 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01M 17/007 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2023/060129

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. April 2023 (18.04.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 50252/2022 19. April 2022 (19.04.2022) AT

(71) Anmelder: AVL LIST GMBH [AT/AT]; Hans-List Platz
1, 8020 Graz (AT).

(72) Erfinder: SCHYR, Christian; Lutherstraße 53/5, 69120
Heidelberg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR OPERATING A TEST STAND WITH SCENARIO-BASED TEST STAND TESTING FOR A ROAD USER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND SYSTEMS ZUM BETREIBEN EINES PRÜFSTANDS MIT SZENARIENBASIERTEN PRÜFSTANDSTESTS EINES VERKEHRSTEILNEHMERS

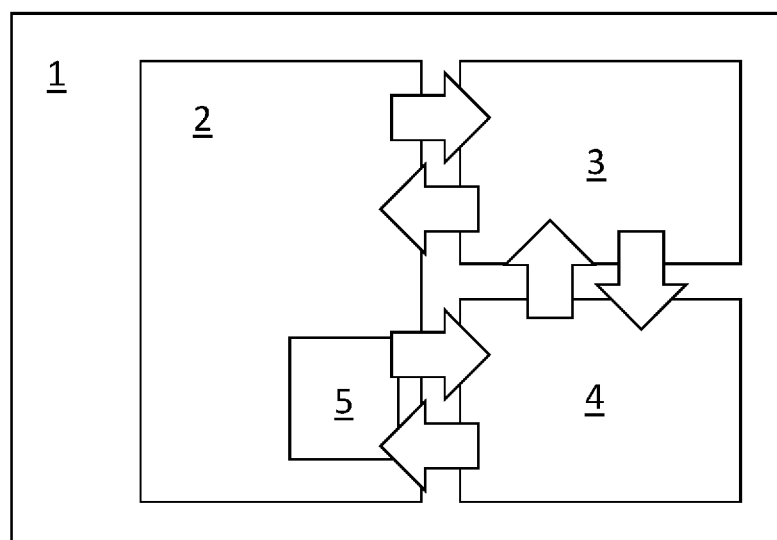


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a test stand with scenario-based test stand testing in a simulation environment of the test stand, the method comprising the following work steps: simulating an environment (S10) of a road user by means of an environment model on the basis of terrain data (4) of a terrain and a scenario; simulating a road user (S20), which has a contact object in contact with the terrain, by means of a road user model (2) which is a multibody simulation model, in particular a three-dimensional multibody simulation model, and has at least one three-dimensional contact object model (5); determining a position (S30) of the contact object in the terrain on the basis of a start position and a trajectory of the road user; determining a value (S40) of at least one attribute for the three-dimensional contact object model in at least one contact point at the position of the contact object in the terrain; and wherein the value of the at least one attribute is taken into account when simulating the road user.



WO 2023/201383 A1



CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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)
- in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Prüfstands mit szenarienbasierten Prüfstandstests in einer Simulationsumgebung des Prüfstands, die folgenden Arbeitsschritte aufweisend: Simulieren einer Umgebung (S10) eines Verkehrsteilnehmers mittels eines Umgebungsmodells auf der Grundlage von Geländedaten (4) eines Geländes und eines Szenarios; Simulieren eines Verkehrsteilnehmers (S20), welches ein Kontaktobjekt in Kontakt mit dem Gelände aufweist, mittels eines Verkehrsteilnehmermodells (2), welches ein, insbesondere dreidimensionales, Mehrkörpersimulationsmodell ist, und wenigstens ein dreidimensionales Kontaktobjektmodell (5) aufweist; Ermitteln einer Position (S30) des Kontaktobjekts im Gelände auf der Grundlage einer Startposition und einer Trajektorie des Verkehrsteilnehmers; Ermitteln eines Werts (S40) eines wenigstens einen Attributs für das dreidimensionale Kontaktobjektmodell in wenigstens einem Aufstandspunkt an der Position des Kontaktobjekts im Gelände; und wobei beim Simulieren des Verkehrsteilnehmers der Wert des wenigstens einen Attributs berücksichtigt wird.

Verfahren und Systems zum Betreiben eines Prüfstands mit szenarienbasierten Prüfstandstests eines Verkehrsteilnehmers

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Prüfstands mit szenarienbasierten Prüfstandstests in einer Simulationsumgebung des Prüfstands, ein System zum Betreiben eines Prüfstands mit szenarienbasierten Prüfstandstests, sowie ein Computerprogramm bzw. Computerprogrammprodukt.

Prüfstandstests sind beispielsweise aus der AT513551A1 oder der AT524086A1 bekannt und zielen beispielsweise auf eine Verbesserung von Komponenten eines Fahrzeugs und/oder deren Zusammenspiel ab. Komponenten können insbesondere anhand von Prüfstandstests kalibriert werden und/oder (realitätsgleichen/nahen) Dauertests unterzogen werden. Prüfstände können beispielsweise für Kraftfahrzeuge, wie aus der AT522988A1 bekannt ausgelegt sein oder sich auf einzelne Komponenten, wie beispielsweise aus der EP1749194A1 bekannt, beziehen.

Aus Gründen der verfügbaren Rechenleistung werden in vielen Fällen Umgebungsmodelle und Fahrzeugmodelle auf unterschiedlichen Hardwareplattformen ausgeführt. Die Hardwareplattformen haben üblicherweise unterschiedliche Zykluszeiten, beispielsweise 1 ms für das Fahrzeugmodell und 10 ms für ein Umgebungsmodell.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Prüfstands mit szenarienbasierten Prüfstandstests in einer Simulationsumgebung des Prüfstands, ein System zum Betreiben eines Prüfstands mit szenarienbasierten Prüfstandstests, sowie ein Computerprogramm bzw. Computerprogrammprodukt bereitzustellen. Insbesondere kann es Aufgabe der Erfindung sein, einen Prüfstand, insbesondere ein Verfahren zum Betreiben eines Prüfstands zumindest im Wesentlichen zu verbessern bzw. zu optimieren, insbesondere zumindest im Wesentlichen Probleme des Stands der Technik anzugehen, insbesondere zu beheben und/oder zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen werden in den Unteransprüchen beansprucht.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Prüfstands mit szenarienbasierten Prüfstandstests in einer Simulationsumgebung des Prüfstands. Das Verfahren weist in einer Ausführung einen Arbeitsschritt zum Simulieren einer Umgebung eines Verkehrsteilnehmers mittels eines Umgebungsmodells auf der Grundlage von Geländedaten eines Geländes und eines Szenarios auf. Ferner weist das Verfahren in einer Ausführung einen Arbeitsschritt zum Simulieren eines Verkehrsteilnehmers mittels eines Verkehrsteilnehmermodells, welches ein, insbesondere dreidimensionales, Mehrkörpersimulationsmodell ist, auf. Der Verkehrsteilnehmer weist in einer Ausführung wenigstens ein Kontaktobjekt in Kontakt mit dem Gelände auf. Ferner weist das Verkehrsteilnehmermodell in einer Ausführung wenigstens ein dreidimensionales Kontaktobjektmodell auf. Das Verfahren weist in einer Ausführung einen Arbeitsschritt zum Ermitteln einer Position des Kontaktobjekts im Gelände auf der Grundlage einer Startposition und einer Trajektorie des Verkehrsteilnehmers, auf. Das Verfahren weist in einer Ausführung einen Arbeitsschritt zum Ermitteln eines Werts eines wenigstens einen Attributs für das dreidimensionale Kontaktobjektmodell in wenigstens einem Aufstandspunkt an der Position des Kontaktobjekts im Gelände. Ferner berücksichtigt das Verfahren beim Simulieren des Verkehrsteilnehmers in einer Ausführung den Wert des wenigstens einen Attributs.

Ein Verkehrsteilnehmer im Sinne der Erfindung ist vorzugsweise ein Fahrzeug oder ein Lebewesen, insbesondere ein Mensch oder eine Kombination von Fahrzeug und Mensch, insbesondere ein Motorrad- oder Radfahrer oder eine Kombination von Fahrzeug und Lebewesen, insbesondere ein Pferdegespann, weiter insbesondere ein Fahrzeug mit Anhänger. Ein Verkehrsteilnehmer kann in einer Ausführung ein verletzlicher Verkehrsteilnehmer (englisch: „Vulnerable Road User“; VRU) sein.

Ein Szenario im Sinne der Erfindung ist vorzugsweise eine Folge von, insbesondere georeferenzierten, Punkten in einem Gelände, die ein Verkehrsteilnehmer sequenziell erreichen soll/muss. Ein Szenario wird vorzugsweise aus einer

zeitlichen Abfolge von, insbesondere statischen, Szenen gebildet. Die Szenen geben dabei beispielsweise die räumliche Anordnung von wenigstens einem anderen Objekt relativ zum Verkehrsteilnehmer, z. B. die Konstellation von Verkehrsteilnehmern, an. Ein Szenario kann insbesondere eine Fahrsituation enthalten, in der ein Fahrerassistenzsystem (englisch: „Advanced Driver Assistance Systems“; ADAS) den mit dem Fahrerassistenzsystem ausgestatteten Verkehrsteilnehmer, insbesondere wenn der Verkehrsteilnehmer ein Fahrzeug ist, zumindest teilweise steuert, insbesondere wenigstens eine Fahrzeugfunktion des Verkehrsteilnehmers hochautomatisiert, insbesondere teilautomatisiert oder autonom, ausführt (englisch: „Autonomous Driving“ oder auch „Automated Driving“, kurz „AD“). „Autonomous Driving“ bezieht sich üblicherweise auf verschiedene Abstufungen von Automatisierung eines Fahrzeugs, insbesondere beim Fahren. Dies kann in Ausführungen insbesondere umfassen, dass der Verkehrsteilnehmer ein automatisiertes Fahrzeug ist, das insbesondere in der Weise ausgelegt und gebaut ist, dass es sich während einer bestimmten Zeitspanne ohne ständige Überwachung durch den Fahrer autonom fortbewegen kann, vorzugsweise fortbewegt, bei dem jedoch weiterhin ein Eingreifen des Fahrers erwartet oder erforderlich ist; oder ein vollautomatisiertes Fahrzeug, das insbesondere so ausgelegt und gebaut ist, dass es sich autonom und ohne Überwachung durch einen oder den Fahrer fortbewegen kann, vorzugsweise fortbewegt. Der jeweilige Automatisierungsgrad von Fahrzeugen wird dabei in sogenannte Automatisierungslevel 1 bis 5 unterteilt (vgl. beispielsweise Norm SAE J3016). Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere Fahrzeuge mit Fahrerassistenzsystemen des Automatisierungslevels 3 bis 5, welches im Allgemeinen als autonomes Fahren betrachtet wird.

„Szenarienbasiert“ im Sinne der Erfindung bedeutet vorzugsweise aufteilbar in verschiedene Teilszenarien, die zu einem Gesamtszenario zusammengefasst werden können oder zusammengefasst sind.

Ein Kontaktobjektmodell im Sinne der Erfindung ist vorzugsweise ein eigenes Objekt des Mehrkörpersimulationsmodells, insbesondere ein Reifen, ferner insbesondere ein Rad oder ein Kettenantrieb bei einem Verkehrsteilnehmermodell eines Fahrzeugs oder ein (avatarseitiger) Aufstandspunkt bei einem

Verkehrsteilnehmermodell eines Avatars, insbesondere eines humanoiden oder menschlichen Avatars, insbesondere eines Avatars eines Lebewesens und kann insbesondere eine Fußfläche, vorzugsweise eine Ferse oder ein Ballen oder eine Schuhsohle sein. Das Mehrkörpersimulationsmodell kann in einer Ausführung mehr als ein Kontaktobjektmodell umfassen. In einer Ausführung kann das Kontaktobjektmodell ein dreidimensionales Modell, insbesondere dreidimensionales Reifenmodell, sein.

Geländedaten sollen hierin vorzugsweise als Simulationsmodell eines realen Geländes, insbesondere als georeferenziertes oder anderweitig referenziertes Simulationsmodell eines Geländes verstanden werden. Der Begriff „Gelände“ kann in einer Ausführung befestigten Untergrund („Onroad“), insbesondere asphaltierte Straße, als auch oder alternativ unbefestigten Untergrund („Offroad“), insbesondere Waldweg, beinhalten bzw. umfassen.

Ein Umgebungsmodell im Sinne der Erfindung ist vorzugsweise als ein aus den Geländedaten abgeleitetes Modell der Umgebung des Verkehrsteilnehmers zu verstehen. Das Umgebungsmodell kann in einer Ausführung Daten bzw. Informationen zu einer Umgebung des Verkehrsteilnehmers umfassen, die insbesondere einer Umgebung im Gelände entsprechen, die wenigstens und/oder höchstens in einer Reichweite eines Sensors des Verkehrsteilnehmers ist. In einer Ausführung kann die Umgebung des Verkehrsteilnehmers, insbesondere in einem Radius der wenigstens 2 m und/oder höchstens 10 m, höchstens etwa 100 m, höchstens etwa 200 m, höchstens etwa 300m oder höchstens etwa 500 m (in der Realität) entspricht, oder einer bereitgestellten bzw. vorgegebenen Render-Distanz entspricht, in dem Umgebungsmodell berücksichtigt werden bzw. sind Eigenschaften der Umgebung im Umgebungsmodell hinterlegt. In einer Ausführung kann eine Fläche von wenigstens etwa 10 x 10 m, wenigstens etwa 50 x 50 m oder wenigstens etwa 100 x 100 m der Umgebung in dem Umgebungsmodell berücksichtigt werden bzw. sind Eigenschaften der Umgebung im Umgebungsmodell hinterlegt. Alternativ oder ergänzend ist in einer Ausführung eine Fläche von höchstens etwa 50 x 50 m, höchstens etwa 200 x 200m oder höchstens etwa 500 x 500 m der Umgebung in dem Umgebungsmodell berücksichtigt bzw. sind Eigenschaften der Umgebung im Umgebungsmodell hinterlegt. Kumuliert kann

in einer Ausführung auf diese Weise ein Bereich mit einer Länge von wenigstens etwa 1 m, wenigstens etwa 10 m, wenigstens etwa 100 m, wenigstens etwa 1000 m, wenigstens etwa 10 km oder wenigstens etwa 100 km aus den Geländedaten in einem Umgebungsmodell abgebildet werden. Die angegebenen Radien, Flächen und kumulierte Längen bzw. Flächen können in einer vorteilhaften Ausgestaltung vom Einsatzgebiet des zu testenden Verkehrsteilnehmers abhängen oder hängen vorzugsweise von diesem ab.

Eine Simulationsumgebung soll hierin wenigstens als Teil eines Prüfstands verstanden werden, der in einer Ausführung wenigstens einen Teil eines realen Prüflings, sowie dessen Repräsentation, insbesondere dessen Repräsentation in einer virtuellen Einsatzumgebung, umfasst. Der Prüfling wird in einer Ausführung auf dem Prüfstand betrieben. Weiterhin sind in einer Ausführung Mittel zum Simulieren umfasst, insbesondere wenigstens ein Rechner. In einer Ausführung kann eine Simulationsumgebung, bzw. können die Mittel zum Simulieren bzw. für das Simulieren einer Umgebung und/oder eines Verkehrsteilnehmers wenigstens einen Simulationsschritt ausführen. In einer Ausführung umfasst die Simulationsumgebung insbesondere Aktoren und/oder Sensoren, die auf einen Prüfling auf dem Prüfstand wirken und oder mit diesem in Datenkommunikation verbunden sind. In einer Ausführung umfasst die Simulationsumgebung Displays zum insbesondere Darstellen einer Umgebung des Verkehrsteilnehmers, insbesondere für Sensoren eines ADAS/AD-Systems des Verkehrsteilnehmers, insbesondere des Prüflings.

Die Erfindung basiert auf dem Ansatz, eine Simulation von Verkehrsteilnehmern möglichst detailliert unter Ausnutzung von Vereinfachungen effizient und szenarienbasiert darzustellen.

Dies wird durch eine Reduktion von Daten, insbesondere durch die Nutzung von Attributen an Aufstandspunkten realisiert. Auf diese Weise können in effizienter Weise Geländedaten verarbeitet werden, die für das Szenario, welches durch die Nutzung eines Umgebungsmodells und eines Verkehrsteilnehmermodells charakterisiert wird, notwendig sind. In Ausführungen reduziert der Ansatz eine Notwendigkeit, komplette georeferenzierte Rundkurse abzufahren oder abzugehen

und daher eine Datenlast auf den ausführenden Systemen. Vielmehr basiert der Ansatz auf einem flexiblen Einsatz von Teilszenarien einer Testfahrt, die sich, insbesondere beliebig, kombinieren lassen. Dies ist in einer Ausführung (besonders) zeiteffizient. Dieser Ansatz lässt sich in Ausführungen auch auf menschliche Verkehrsteilnehmer anwenden, sowie reale und/oder virtuelle Komponenten von Verkehrsteilnehmern.

Das erfindungsgemäße Verfahren und das System können insbesondere in einem Verfahren zum Testen von ADAS/AD-Systemen in einer simulierten Umgebung zum Einsatz kommen.

In einer Ausführung wird ein Prüfling auf einem Prüfstand einem szenarienbasierten Prüfstandtest unterzogen, indem insbesondere für den wenigstens einen Sensor des Prüflings eine Umgebung simuliert wird, die auf einem Umgebungsmodell basiert. Das Umgebungsmodell kann in einer Ausführung von einem, insbesondere realen Gelände abgeleitet sein, insbesondere dieses Gelände anhand von Geländedaten derart simulieren, dass der wenigstens eine Sensor ähnliche Sensordaten, insbesondere die selben Sensordaten, generiert, wie ein Sensor der sich an der gleichen, insbesondere an derselben Stelle, im, insbesondere realen, Gelände befindet. Die Sensordaten lösen in einer Ausführung eine Signalkaskade im Prüfling aus, die insbesondere einer dem Prüfling, insbesondere dem Verkehrsteilnehmer, entsprechenden Aktion oder Reaktion auf die Sensordaten entspricht. In einer Ausführung, insbesondere wenn sich eine Position des Prüflings, insbesondere des Verkehrsteilnehmers, verändert bzw. verändern soll, kann bzw. wird die Simulation der Umgebung an die, insbesondere veränderte Position des simulierten Prüflings, insbesondere des simulierten Verkehrsteilnehmers, angepasst. In einer Ausführung können sich dabei bzw. verändern sich die vom wenigstens einen Sensor erfassten Eigenschaften der Umgebung, die insbesondere in einem Aufstandspunkt, vorherrschen bzw. gelten bzw. hinterlegt sind. In einer Ausführung wird die Veränderung, insbesondere auch eine Nicht-Veränderung, der Eigenschaften der Umgebung durch Ermitteln eines Werts wenigstens eines Attributs im Aufstandspunkt festgestellt, insbesondere berücksichtigt, insbesondere in der Simulation des Verkehrsteilnehmers, in dessen Umgebung berücksichtigt. Ferner kann in einer Ausführung der wenigstens eine

Sensor ein Sensor sein, der die wenigstens eine Eigenschaft eines Kontaktobjekts ermittelt, insbesondere eines Kontaktobjekts mit wenigstens einem Aufstandspunkt, wobei ein Verkehrsteilnehmer das wenigstens eine Kontaktobjekt aufweist und das Kontaktobjekt insbesondere in Kontakt mit dem Gelände ist und dies insbesondere in der Simulation eines Verkehrsteilnehmermodells mit einem Kontaktobjektmodell berücksichtigt wird.

In einer Ausführung kann die Simulation der Umgebung und/oder die Simulation des Verkehrsteilnehmers effizient(er) erfolgen, insbesondere dadurch, dass die für einen oder mehrere Prüfstandtests erforderlichen und/oder vorgesehenen Aufgaben, insbesondere Simulationen, insbesondere ausschließlich, die für diese Aufgaben, insbesondere Simulationen erforderlichen Daten, insbesondere Daten der Geländedaten, verwendet bzw. verwenden.

In einer Ausführung können die Geländedaten direkt und insbesondere ohne Totzeit im Verkehrsteilnehmermodell und/oder dem Umgebungsmodell integriert sein. Hierdurch können in einer Ausführung Geländedaten einfach(er) für ein Umgebungsmodell und/oder ein Verkehrsteilnehmermodell genutzt werden, insbesondere in Echtzeit. Totzeit bei der Signalübertragung zwischen einem Fahrzeugmodell und dem Umgebungsmodell können vermieden werden. Solche Totzeiten können im Stand der Technik beispielsweise durch eine Ethernet-Verbindung zwischen unterschiedlichen Hardwareplattformen für Fahrzeugmodell und Umgebungsmodell hervorgerufen werden. Eine Ethernet-Verbindung weist üblicherweise mindestens 2 ms Totzeit auf. Bei drahtloser Übertragung oder Übertragung zwischen unterschiedlichen Standorten der Simulationsmodelle kann diese Totzeit noch größer sein. Beispielsweise kann im Stand der Technik ein Teil der Modelle auf einem Server gerechnet werden, der in einem Serverpark irgendwo auf der Welt, beispielsweise in Island, steht und ein anderer Teil auf einem Server, der irgendwo anders auf der Welt, beispielsweise in China, steht. Eine Übertragung von Daten kann damit zeitlich beispielsweise von der Verbindungsgeschwindigkeit der Server an die Netzwerkstruktur, bzw. das Internet abhängen und von der verwendeten Hardware und deren Durchsatzgeschwindigkeiten. Anfragen des einen Servers an den anderen benötigen daher entsprechend Zeit. Diese Laufzeit oder Transportzeit wird üblicherweise als Totzeit bezeichnet. Vorteilhafterweise

können durch hierin beschriebene Ausgestaltungen, insbesondere des Verfahrens, Totzeiten reduziert oder vermieden werden.

Mittels der Erfindung kann vorteilhafterweise auf das Simulieren eines, insbesondere umfassenden, Geländes mittels eines Geländemodells im Umgebungsmodell verzichtet werden. In anderen Worten kann daher in einer vorteilhaften Ausgestaltung darauf verzichtet werden, die Geländedaten separat in einem Geländemodell in der Simulation mitzuführen. Würde ein Geländemodell in der Simulation berücksichtigt werden, müsste dieses in der Umgebungssimulation direkt mitgerechnet oder in einem eigenen Task auf der Hardwareplattform des Umgebungsmodells ausgeführt werden. Aufgrund der üblicherweise hochfrequenten Abfrage (1 ms oder weniger), insbesondere von Attributen, würde dies signifikant die Rechenleistung der Hardware zur Umgebungssimulation belasten. Vorteilhafterweise sind in einer Ausgestaltung Metadaten, insbesondere Gelände-Höhenprofile und/oder, vorzugsweise spezifische, Reflektionseigenschaften, über die Attribute einführbar.

Werden im Prüfstandsbetrieb reale Komponenten in das Fahrzeugmodell integriert, auch als „X-in-the-Loop“ bekannt, wäre bei Fehlern im Geländemodell sogar die Sicherheit des Prüflings am Prüfstand gefährdet. Beispielsweise führte ein Fehler in der Höhenkoordinate oder im Reibwert zu einem fehlerhaften Sprung in der Sollwertvorgabe an einem der angeschlossenen Aktuatoren der realen Komponente für Antriebsstrang oder Lenksystem und könnte damit zu einer möglichen Schädigung eines Hardware-Prüflings führen. Mithin erlaubt die Erfindung einen wesentlich sichereren Betrieb von X-in-the-Loop-Prüfständen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung kann das Verfahren ferner ein Validieren der Geländedaten umfassen. In einer Weiterbildung kann das Verfahren das Validieren der Geländedaten in einem ersten Schritt umfassen.

Hierdurch kann in einer Ausführung ermöglicht werden, dass insbesondere zumindest im Wesentlichen nur valide Daten in den Geländedaten umfasst sind und/oder das (reale) Gelände ausreichend genau erfasst ist und/oder ausreichend genau in den Geländedaten des Geländes repräsentiert ist. Vorteilhafterweise kann

hierdurch in einer Ausführung der Prüfstand, insbesondere der Prüfling, geschützt werden, insbesondere dadurch, dass Stellgrößen für Aktuatoren vermieden werden, die insbesondere nicht realen Bedingungen entsprechen und/oder unnatürliche Gelände repräsentieren.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann das Verfahren ferner einen Arbeitsschritt zum Übertragen, insbesondere zu Beginn des Verfahrens, einer Startposition des Verkehrsteilnehmers in dem Gelände aus den Geländedaten in das Umgebungsmodell aufweisen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung kann das Verfahren ferner einen Arbeitsschritt zum Initialisieren des Werts des wenigstens einen Attributs an der Startposition des Verkehrsteilnehmermodells in der Simulationsumgebung umfassen.

Initialisieren im Sinne der Erfindung ist vorzugsweise die Zuweisung eines Anfangswertes für ein Datenobjekt oder eine Variable, insbesondere in einer Simulation.

Hierdurch kann in einer Ausführung ermöglicht werden, dass ein Prüfstand, insbesondere die Aktoren des Prüfstands, auf eine Weise eingestellt sind, dass der Zustand, insbesondere die Startposition, des Verkehrsteilnehmers einem Verkehrsteilnehmermodell in einem Umgebungsmodell entspricht, insbesondere ein Wert des wenigstens einen Attributs im Prüfstand beim Beginn des Versuchs und/oder in einer Startposition eingestellt ist bzw. vorherrscht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens kann das Ermitteln des Werts des wenigstens einen Attributs wenigstens einmal für einen Aufstandspunkt des Kontaktobjekts ausgeführt werden. In einer Ausführung kann das Ermitteln des Werts des wenigstens einen Attributs für jeden Simulationsschritt des Kontaktobjektmodells durchgeführt bzw. ausgeführt werden. In einer Weiterbildung kann der Wert des Attributs in den Geländedaten an der Position des Aufstandspunkts des Kontaktobjektmodells, insbesondere durch das Simulieren des Verkehrsteilnehmers verändert werden bzw. aktualisiert werden. In anderen Worten kann der Wert des (wenigstens einen) Attributs an der Position des

Kontaktobjekts im Gelände, insbesondere von einem Simulationsschritt zum nächsten veränderlich sein.

Hierdurch kann in einer Ausführung ermöglicht werden, dass der Wert des Attributs für jeden Simulationsschritt einem Wert des Attributs in den Geländedaten entspricht, insbesondere dass der Wert des Attributs zeitlich, insbesondere mit wenigstens einem Simulationsschritt, veränderbar ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann das Simulieren ferner einen Arbeitsschritt zum Prüfen, dass sich der Wert des wenigstens einen Attributs in einem vordefinierten und/oder validen Bereich befindet und wenn der Wert des wenigstens einen Attributs außerhalb des vordefinierten Bereichs liegt, Beenden des Prüfstandtests oder Durchführen eines Raumsprungs in einen Bereich der Geländedaten mit einem Wert des Attributs, der innerhalb des vordefinierten Bereichs liegt, umfassen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann das Simulieren, insbesondere wenn der Wert des wenigstens einen Attributs außerhalb des vordefinierten Bereichs liegt, ferner einen Arbeitsschritt zum Beenden des Prüfstandtests umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann das Simulieren das Durchführen eines Raumsprungs in einen Bereich der Geländedaten, mit einem Wert des Attributs der innerhalb des vordefinierten und/oder validen Bereichs liegt, umfassen.

Ein Raumsprung im Sinne der Erfindung ist vorzugsweise ein auf die Simulationsumgebung, bzw. auf das Umgebungsmodell bezogener Sprung in den Koordinaten des Koordinatensystems der Simulation. Insbesondere bezieht sich der Sprung auf Attribute von Koordinatenpunkten, die zumindest im Wesentlichen in der Nachbarschaft eines Koordinatenpunkts (Aufstandspunkts) sind, der ein Attribut aufweist, dessen Wert außerhalb eines vordefinierten, bzw. vorbestimmten Bereichs liegt.

Hierdurch kann in einer Ausführung ermöglicht werden, dass, insbesondere wenn ein Fahrerassistenzsystem fehlerhaft bzw. nicht in erwünschter Weise reagiert, und

insbesondere eine simulierte Straße verlässt, der Prüfstand und insbesondere der Prüfling nicht beschädigt wird.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens kann das wenigstens eine Attribut wenigstens ein Attribut aus der folgenden Gruppe sein: Höhe eines Aufstandspunkts des Kontaktobjektmodells in einem inertialen Rahmen, Normalenvektor im Aufstandspunkt des Kontaktobjektmodells, Reibwert im Aufstandspunkt des Kontaktobjektmodells und elastoplastische Eigenschaft des Bodens im Aufstandspunkt des Kontaktobjektmodells. Ferner kann das Attribut in einer Ausführung insbesondere ein Attribut sein, das für die Simulation von Sensoren von ADAS Systemen und/oder für Systeme des automatisierten Fahrens (AD Systeme) relevant ist, insbesondere eine Textur des Bodens im Gelände für insbesondere Kamera-Sensoren, oder Wasser/Eis/Schneebelag, insbesondere für Lidar Sensoren. In einer vorteilhaften Ausführung wird der Wert des wenigstens einen Attributs für das Umgebungsmodell beim Simulieren des Verkehrsteilnehmers berücksichtigt, insbesondere umfasst das Ermitteln eines Werts des wenigstens einen Attributs ein Ermitteln des Werts eines wenigstens einen Attributs für das Umgebungsmodell mittels der Geländedaten und insbesondere mittels des Umgebungsmodells.

Durch diese vorteilhafte Ausgestaltung wird ermöglicht, dass ein Szenario derart abgewandelt werden kann, dass zumindest im Wesentlichen alle relevanten Wettereinflüsse abgebildet werden können. Hierdurch wird ermöglicht, dass das Verkehrsteilnehmer in Bezug auf diese Einflüsse und insbesondere auch andere Einflüsse getestet werden kann, insbesondere ADAS/AD Systeme des Verkehrsteilnehmers verbessert bzw. optimiert werden können.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung kann das Ermitteln von Werten des wenigstens einen Attributs 1 ms oder weniger als 1 ms umfassen, insbesondere kann ein Simulationsschritt bzw. eine Simulationsschrittweite weniger als 1 ms umfassen.

Hierdurch kann in einer Ausführung ermöglicht werden, dass das Simulieren in (zumindest im Wesentlichen) Echtzeit durchgeführt werden kann. Ferner kann in einer Ausführung ermöglicht werden, dass das Simulieren einer Umgebung und das

Simulieren eines Verkehrsteilnehmers keine Totzeit, insbesondere in einem Austausch von Simulationsdaten, aufweist. Eine „Kommunikation“ zwischen den Modellen kann in einer Ausführung vorteilhafterweise Totzeit-los erfolgen. In einer Ausführung können die Modelle (des Verkehrsteilnehmers und der Umgebung) eine Datenschnittstelle für den Austausch von Daten, insbesondere untereinander, aufweisen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens können die Geländedaten initial mit Metadaten, insbesondere Gelände-Höhenprofil-Daten, insbesondere für das Kontaktobjektmodell, und/oder Reflektionseigenschaften, insbesondere für (wenigstens) ein Sensormodell der Simulationsumgebung, ergänzt werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung können die Geländedaten, insbesondere vor einem Initialisieren des Umgebungsmodells, in die Simulationsumgebung übertragen werden.

Hierdurch wird ermöglicht, dass Geländedaten nicht während einer Laufzeit der Simulation, insbesondere während des Simulierens des Verkehrsteilnehmers und/oder des Umgebungsmodells, und/oder Attribute bzw. deren Werte übertragen werden, insbesondere übertragen werden müssen. Eine Totzeit während der Übertragung kann auf diese Weise vermieden werden, insbesondere eine Simulation ohne Verzögerung, in anderen Worten in (zumindest im Wesentlichen) Echtzeit durchgeführt werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens kann das Simulieren in Echtzeit, schneller als Echtzeit oder langsamer als Echtzeit durchgeführt werden. Langsamer als Echtzeit kann in einer Ausführung (zusätzlich) eine Finite Elemente Simulation zumindest eines in der Simulation vorhandenen, insbesondere simulierten, wenigstens einen Teils eines Verkehrsteilnehmers und/oder wenigstens einen Teils einer Umgebung, umfassen. Das Simulieren schneller als Echtzeit kann in einer Ausführung dafür verwendet werden, eine, insbesondere statistisch relevante, Anzahl an Simulationen zu erhalten, insbesondere durch ein Simulieren mit einem Szenario, das insbesondere mehr als eine Variante einer, insbesondere zu simulierenden, Strecke (in einem Gelände, insbesondere dem

Gelände) für das Verkehrsteilnehmer aufweist und/oder durch ein Simulieren von mehr als einem Szenario mit dem selben Verkehrsteilnehmer, insbesondere mit unterschiedlichen Strecken (in einem Gelände, insbesondere dem Gelände).

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens kann ein Szenario verschiedene Teilabschnitte umfassen, insbesondere einen Teilabschnitt, der bis zum Erreichen eines bestimmten, insbesondere vordefinierten, Ereignisses betrachtet werden soll bzw. betrachtet wird, insbesondere bis zum Erreichen eines Wegmarkers oder dem Verlassen des gültigen Geländes, insbesondere dem Verlassen der gültigen Geländedaten.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens kann ein Teilabschnitt des Szenarios ein „Abgleisen“ umfassen.

Unter einem erfindungsgemäßen „Abgleisen“ wird vorzugsweise verstanden, dass ein Verkehrsteilnehmer in einen generischen Zustand versetzt wird, insbesondere in eine Geradeausfahrt mit maximalem Gefälle oder ähnlichem. In einer Weiterbildung kann ein Teilabschnitt eines Szenarios einen „Transit“ umfassen. Unter einem erfindungsgemäßen „Transit“ wird vorzugsweise verstanden, dass ein Verkehrsteilnehmer in einem Zustand bis zu einer (vor)bestimmten Bedingung, insbesondere einem Erreichen einer definierten Getriebetemperatur, einer definierten Geschwindigkeit, einem bestimmten Energieverbrauch oder dergleichen gehalten wird.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens kann während eines „Transits“ eine Konfiguration des Verkehrsteilnehmers geändert werden, insbesondere ein Ladezustand einer Batterie, ein Ersatz einer realen Komponente durch eine virtuelle Komponente oder vice versa, Parameter eines Kontaktobjektmodells verändert werden, insbesondere ein Reibwert, oder dergleichen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens kann ein Teilabschnitt eines Szenarios ein „Aufgleisen“ umfassen.

Unter einem erfindungsgemäßen „Aufgleisen“ soll hierin vorzugsweise verstanden werden, dass der Verkehrsteilnehmer in einem definierten Zustand, insbesondere einem definierten Fahrzustand, an einer definierten räumlichen Position, insbesondere einem Wegmarker mit insbesondere x km/h, insbesondere in Richtung y , eingesetzt werden kann.

Hierdurch kann in einer Ausführung eine zeitliche Reduktion für den Betrieb des Prüfstands erreicht werden, insbesondere im Vergleich mit einem wie im realen Testbetrieb durchgeführten Szenario. Ferner kann hierdurch vorzugsweise eine flexiblere Versuchsführung bzw. ein flexibleres Szenario erzielt bzw. erreicht werden. Beispielsweise bedingt ein Stopp in einem Szenario des Stands der Technik ein Zurücksetzen der realen und/oder virtuellen Komponenten, sowie üblicherweise deren Neu-Initialisierung und/oder -Konditionierung. Dies kann vorzugsweise durch ein hierin beschriebenes Szenario, insbesondere Teilabschnitte des Szenarios, kompensiert werden, insbesondere kann hierdurch Zeit eingespart werden.

Weiterhin kann durch das „Aufgleisen“ ermöglicht werden, dass (aussagekräftige) Signifikanzen für insbesondere das Verhalten von ADAS/AD Systemen insbesondere in allgemeinen und/oder Randsituationen eines Verkehrsteilnehmers generierbar sind, insbesondere generiert werden können.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein System zum Betreiben eines Prüfstands mit szenarienbasierten Prüfstandtests, das zur Durchführung eines Verfahrens nach einem hierin beschriebenen Verfahren eingerichtet ist und/oder aufweist:

Mittel zum Simulieren einer Umgebung eines Verkehrsteilnehmers; Mittel zum Simulieren eines Verkehrsteilnehmers; Mittel zum Ermitteln einer Position des Kontaktobjekts im Gelände; und/oder Mittel zum Ermitteln eines Werts eines wenigstens einen Attributs.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens kann das System Mittel zum Ausführen eines hierin beschriebenen Verfahrens, insbesondere eines hierin beschriebenen Arbeitsschritts, aufweisen.

Ein System und/oder ein Mittel im Sinne der vorliegenden Erfindung kann hard- und/oder softwaretechnisch ausgebildet sein, insbesondere wenigstens eine, vorzugsweise mit einem Speicher- und/oder Bussystem daten- bzw. signalverbundene, insbesondere digitale, Verarbeitungs-, insbesondere Mikroprozessoreinheit (CPU), Graphikkarte (GPU) oder dergleichen, und/oder ein oder mehrere Programme oder Programmmodule aufweisen. Die Verarbeitungseinheit kann dazu ausgebildet sein, Befehle, die als ein in einem Speichersystem abgelegtes Programm implementiert sind, abzuarbeiten, Eingangssignale von einem Datenbus zu erfassen und/oder Ausgangssignale an einen Datenbus abzugeben. Ein Speichersystem kann ein oder mehrere, insbesondere verschiedene, Speichermedien, insbesondere optische, magnetische, Festkörper- und/oder andere nicht-flüchtige Medien aufweisen. Das Programm kann derart beschaffen sein, dass es die hier beschriebenen Verfahren verkörpert bzw. auszuführen imstande ist, sodass die Verarbeitungseinheit die Schritte solcher Verfahren ausführen kann und damit insbesondere den Prüfstand betreiben bzw. überwachen kann.

Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Computerprogramm und/oder Computerprogrammprodukt, die bei der Ausführung durch einen oder mehrere Computer oder ein hierin beschriebenes System, den oder die Computer oder das System dazu veranlassen, ein hierin beschriebenes Verfahren durchzuführen.

Ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt ist vorzugsweise ein, insbesondere computerlesbares und/oder nicht-flüchtiges, Speichermedium zum Speichern eines Programms bzw. von Anweisungen bzw. mit einem darauf gespeicherten Programm bzw. mit darauf gespeicherten Anweisungen aufweisen, insbesondere sein. Vorzugsweise veranlasst ein Ausführen dieses Programms bzw. dieser Anweisungen durch ein System bzw. eine Steuerung, insbesondere einen Computer oder eine Anordnung von mehreren Computern, das System bzw. die Steuerung, insbesondere den bzw. die Computer, dazu, ein hier beschriebenes Verfahren bzw. einen oder mehrere seiner Schritte auszuführen, bzw. sind das Programm bzw. die Anweisungen hierzu eingerichtet.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens werden ein oder mehrere, insbesondere alle, Schritte des Verfahrens vollständig oder teilweise automatisiert durchgeführt, insbesondere durch die Steuerung bzw. ihr(e) Mittel.

Die im Vorhergehenden beschriebenen Merkmale und Vorteile in Bezug auf den ersten Aspekt der Erfindung gelten entsprechend auch für die weiteren Aspekte der Erfindung und umgekehrt.

Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus den Unteransprüchen und den Ausführungsbeispielen. Hierzu zeigt, wenigstens teilweise schematisiert:

Fig. 1: zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Systems zum Betreiben eines Prüfstands mit szenarienbasierten Prüfstandstests; und

Fig. 2: zeigt Ausführungsbeispiele für Aufstandspunkte bei unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern; und

Fig. 3: zeigt ein Ausführungsbeispiele für ein Verfahren zum Betreiben eines Prüfstands mit szenarienbasierten Prüfstandstests in einer Simulationsumgebung des Prüfstands.

Figur 1 zeigt ein System 1 zum Betreiben eines Prüfstands mit szenarienbasierten Prüfstandstests. Das System 1 weist ein Verkehrsteilnehmermodell 2, ein Umgebungsmodell 3 und (eine Quelle für) Geländedaten 4 auf. Das Verkehrsteilnehmermodell 2 umfasst ferner ein Kontaktobjektmodell 5.

Die Geländedaten 4 basieren auf einem Gelände, das für ein Szenario für einen auf diesem Szenario basierenden Prüfstandtest relevant ist. Mit den jeweiligen Pfeilern ist angedeutet, dass die Modelle, insbesondere das Verkehrsteilnehmermodell 2 mit dem Umgebungsmodell 3, das Umgebungsmodell 3 mit den Geländedaten 4 und das Verkehrsteilnehmermodell 2 mit den Geländedaten 4, in Datenaustausch steht bzw. in Datenkommunikation verbunden sind. Das Ausführungsbeispiel des Systems 1 ist dazu ausgelegt ein hierin beschriebenes Verfahren auszuführen. Dabei werden insbesondere eine Umgebung simuliert mittels des Umgebungsmodells 3 und ein Verkehrsteilnehmer mittels des

Verkehrsteilnehmermodells 2. Das Verkehrsteilnehmermodell 2 ist hierbei ein nicht dargestelltes dreidimensionales Mehrkörpersimulationsmodell.

Figur 2 zeigt ein Flussdiagramm eines vorzugsweise mittels des Systems nach Fig. 1 ausgeführten Verfahrens 10.

In einem ersten Arbeitsschritt S10 (vgl. Fig. 3) wird mittels eines Umgebungsmodells eine Umgebung simuliert, die auf Geländedaten eines Geländes basiert. Ferner wird die Umgebung auf Grundlage eines Szenarios simuliert. Das Szenario gibt die zu simulierende Umgebung beispielsweise in der Art vor, dass eine Umgebung im Gelände dargestellt wird, die im Szenario relevant ist.

In einem zweiten Arbeitsschritt S20 wird ein Verkehrsteilnehmer simuliert, welches ein Kontaktobjekt umfasst, das beispielsweise mit dem Gelände an einer Stelle in Kontakt ist. Die Simulation des Verkehrsteilnehmers S20 wird vorzugsweise über eine Simulation eines Verkehrsteilnehmermodells mit einem entsprechenden Kontaktobjektmodell durchgeführt.

Der zu prüfende Verkehrsteilnehmer nimmt vorzugsweise eine Startposition im Szenario ein, die mit einer Position des Kontaktobjekts im Gelände und mit einer Trajektorie des Verkehrsteilnehmers verbunden ist.

Vorzugsweise kann es sich bei dem Verkehrsteilnehmer um ein Fahrzeug mit vier Reifen handeln.

In einem dritten Arbeitsschritt S30 werden in diesem Fall zum Ermitteln einer Position der Kontaktobjekte im Gelände, in diesem Fall von vier Reifen des Fahrzeugs, vier Positionen der Kontaktobjektmodelle 5, entsprechend der Anordnung der vier Reifen am Fahrzeug, in Bezug zum Verkehrsteilnehmermodell ermittelt wird.

Die Position der vier Reifen wird vorzugsweise auf der Grundlage einer Startposition, die zum Beispiel vorbestimmt oder vorgegeben bzw. bereitgestellt sein kann bzw.

ist, und einer Trajektorie des Fahrzeugs, die beispielsweise eine Richtung und/oder eine initiale Geschwindigkeit vorgibt, bestimmt.

Hieraus ergeben sich für das Beispiel ein Verkehrsteilnehmermodell 2 des Fahrzeugs, vier Kontaktobjektmodelle 5 für die Reifen, die entsprechende Schnittstellen mit dem Verkehrsteilnehmermodell 2 umfassen, und eine Richtung und Geschwindigkeit, die einer Trajektorie des Fahrzeugs entsprechen.

Die Schnittstellen werden beispielsweise bei einer, insbesondere initialen, Kurvenfahrt durch eine unterschiedliche Stellung der Kontaktobjektmodelle der Reifen in Bezug zum Verkehrsteilnehmermodell gemäß einem Lenkeinschlag der vorderen Reifen charakterisiert. Diese Beziehung zwischen Verkehrsteilnehmermodell und Kontaktobjektmodell der Reifen ändert sich beispielsweise im Verlauf des Szenarios.

Die Simulation des Fahrzeugs hat dann beispielsweise eine entsprechende Auswirkung auf Aktuatoren in oder an einem Prüfling auf dem Prüfstand, sofern ein reales Fahrzeug als Hardware-in-the-Loop getestet wird.

Für die das Kontaktobjektmodell bzw. wie beispielhaft ausgeführt, für die Kontaktobjektmodelle der Reifen des Fahrzeugs, wird bzw. werden in einem vierten Arbeitsschritt S40 der bzw. die Wert bzw. Werte wenigstens eines Attributs ermittelt, in dem (den) Aufstandspunkt(en) des Kontaktobjekts (der Kontaktobjekte) im Gelände. Hier Der Wert/ die Werte werden beim Simulieren des Verkehrsteilnehmers bzw. der Umgebung berücksichtigt.

Um beispielsweise ein Szenario zu beginnen, das vom System 1 in einer Simulationsumgebung das Prüfstand simuliert wird, werden die Geländedaten 4 zunächst validiert, um eine Beschädigung des Prüfstands beispielsweise durch korrupte, falsch digitalisierte und/oder fehlerhafte Daten zu verhindern.

Figuren 3a bis 3d zeigen beispielhaft verschiedene Arten von Verkehrsteilnehmern 6 mit deren Kontaktobjekten 7, welche wiederum Aufstandspunkte 8 aufweisen. Die Verkehrsteilnehmer 6 werden in dem oben beschriebenen Verfahren als

Verkehrsteilnehmermodelle mit Kontaktobjektmodellen zum Simulieren in der Simulationsumgebung gemäß dem zweiten Arbeitsschritt S20 des oben beschriebenen Verfahrens bereitgestellt.

Der in Figur 3a schematisch und beispielhaft dargestellte Verkehrsteilnehmer 6 ist ein Fußgänger, der zwei Kontaktobjekte 7 aufweist, die jeweils einen Aufstandspunkt 8 umfassen.

Dieser Aufstandspunkt 8 kann hier beispielsweise die Schuhsohle eines Schuhs sein oder der Fußballen bei einem barfüßigen Fußgänger 6. Es sind auch andere Aufstandspunkte denkbar. Der Fußgänger 6 kann insbesondere ein Avatar in der Simulationsumgebung sein, der als Verkehrsteilnehmer in einer Simulation im Prüfstandtest teilnimmt, insbesondere in einem Szenario, das Teil des Prüfstandtests ist.

Figur 3b zeigt beispielhaft ein Fahrrad 6 als Verkehrsteilnehmer mit zwei Kontaktobjekten 7, nämlich den Rädern. Die Räder 7 weisen zwei Aufstandspunkte 8 auf, die in der hierin beschriebenen Simulation verwendet werden, um mit Werten von Attributen die an den Aufstandspunkten 8 vorherrschenden und/oder zu simulierenden Eigenschaften repräsentieren.

In Figur 3c ist beispielhaft ein Kraftfahrzeug dargestellt, das als Kontaktobjekte 7 seine Räder aufweist die an Aufstandspunkten 8 in Kontakt mit der Umgebung, bzw. dem Gelände sind. In Figur 3d ist das Kraftfahrzeug 6 um einen Anhänger ergänzt, der ebenfalls Räder aufweist, die als Kontaktobjekte 7 gelten und jeweils einen Aufstandspunkt 8 aufweisen. Mit diesen Eigenschaften können die in der Figur 3a bis d beispielhaft gezeigten Verkehrsteilnehmer 6 für Prüfstandtests mit einem Prüfstand verwendet werden.

Obwohl in der vorhergehenden Beschreibung exemplarische Ausführungen erläutert wurden, sei darauf hingewiesen, dass eine Vielzahl von Abwandlungen möglich ist. Außerdem sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den exemplarischen Ausführungen lediglich um Beispiele handelt, die den Schutzbereich, die Anwendungen und den Aufbau in keiner Weise einschränken. Vielmehr wird dem

Fachmann durch die vorausgehende Beschreibung ein Leitfaden für die Umsetzung von mindestens einer exemplarischen Ausführung gegeben, wobei diverse Änderungen, insbesondere in Hinblick auf die Funktion und Anordnung der beschriebenen Bestandteile, vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich zu verlassen, wie er sich aus den Ansprüchen und diesen äquivalenten Merkmalskombinationen ergibt.

Bezugszeichenliste

- | | |
|-----|--------------------------------------|
| 1 | System |
| 2 | Verkehrsteilnehmermodell |
| 3 | Umgebungsmodell |
| 4 | Geländedaten |
| 5 | Kontaktobjektmodell |
| 6 | Verkehrsteilnehmer |
| 7 | Kontaktobjekt |
| 8 | Aufstandspunkt |
| S10 | Simulieren einer Umgebung |
| S20 | Simulieren eines Verkehrsteilnehmers |
| S30 | Ermitteln einer Position |
| S40 | Ermitteln eines Werts |

ANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben eines Prüfstands mit szenarienbasierten Prüfstandstests eines Verkehrsteilnehmers in einer durch den Prüfstand bereitgestellten Simulationsumgebung des Prüfstands, die folgenden Arbeitsschritte aufweisend:
 - Simulieren einer Umgebung (S10) des Verkehrsteilnehmers mittels eines Umgebungsmodells auf der Grundlage von Geländedaten (4) eines Geländes und eines Szenarios;
 - Simulieren eines Verkehrsteilnehmers (S20), welcher ein Kontaktobjekt in Kontakt mit dem Gelände aufweist, mittels eines Verkehrsteilnehmermodells (2), welches ein, insbesondere dreidimensionales, Mehrkörpersimulationsmodell ist, und wenigstens ein dreidimensionales Kontaktobjektmodell (5) aufweist;
 - Ermitteln einer Position (S30) des Kontaktobjekts im Gelände auf der Grundlage einer Startposition und einer Trajektorie des Verkehrsteilnehmers; und
 - Ermitteln eines Werts (S40) eines wenigstens einen Attributs in wenigstens einem Aufstandspunkt an der Position des Kontaktobjekts im Gelände mittels der Geländedaten und des dreidimensionalen Kontaktobjektmodells (5);
wobei beim Simulieren des Verkehrsteilnehmers der Wert des wenigstens einen Attributs berücksichtigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verfahren ferner, insbesondere in einem ersten Schritt, ein Validieren der Geländedaten (4) umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, des Weiteren die folgenden Arbeitsschritte aufweisend:
 - Übertragen, zu Beginn des Verfahrens, einer Startposition des Verkehrsteilnehmers in dem Gelände aus den Geländedaten (4) in das Umgebungsmodell; und

- Initialisieren des Werts des wenigstens einen Attributs an der Startposition des Verkehrsteilnehmermodells in der Simulationsumgebung umfasst.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Ermitteln des Werts des wenigstens einen Attributs wenigsten einmal für einen Aufstandspunkt des Kontaktobjekts, insbesondere für jeden Simulationsschritt des Kontaktobjektmodells, durchgeführt wird.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Simulieren ferner umfasst:
 - Prüfen, dass sich der Wert des wenigstens einen Attributs in einem vordefinierten Bereich befindet und wenn der Wert des wenigstens einen Attributs außerhalb des vordefinierten Bereichs liegt,
 - Beenden des Prüfstandtests oder Durchführen eines Raumsprungs in einen Bereich der Geländedaten, mit einem Wert des Attributs der innerhalb des vordefinierten Bereichs liegt.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das wenigstens eine Attribut ein Attribut aus der nachfolgenden Gruppe ist:
Höhe eines Aufstandspunkts des Kontaktobjektmodells in einem inertialen Rahmen, Normalenvektor im Aufstandspunkt des Kontaktobjektmodells, Reibwert im Aufstandspunkt des Kontaktobjektmodells und elastoplastische Eigenschaft des Bodens im Aufstandspunkt des Kontaktobjektmodells ist.
 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Ermitteln von Werten des wenigstens einen Attributs einen Zeitraum von etwa 1 ms oder weniger als 1 ms umfasst.
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Geländedaten (4) initial mit Metadaten, insbesondere Gelände-Höhenprofil-Daten, insbesondere für das Kontaktobjektmodell, und/oder

Reflektionseigenschaften, insbesondere für ein Sensormodell der Simulationsumgebung, ergänzt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Geländedaten (4) vor einem Initialisieren des Umgebungsmodells in die Simulationsumgebung übertragen werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Simulieren in Echtzeit, schneller als Echtzeit oder langsamer als Echtzeit durchgeführt wird.
11. System zum Betreiben eines Prüfstands mit szenarienbasierten Prüfstandtests, das zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche eingerichtet ist und/oder aufweisend:
 - Mittel zum Simulieren einer Umgebung eines Verkehrsteilnehmers;
 - Mittel zum Simulieren eines Verkehrsteilnehmers;
 - Mittel zum Ermitteln einer Position des Kontaktobjekts im Gelände; und
 - Mittel zum Ermitteln eines Werts eines wenigstens einen Attributs.
12. Computerprogramm oder Computerprogrammprodukt, wobei das Computerprogramm oder Computerprogrammprodukt, insbesondere auf einem computerlesbaren und/oder nicht-flüchtigen Speichermedium gespeicherte, Anweisungen enthält, die bei der Ausführung durch einen oder mehrere Computer oder ein System nach Anspruch 11 den oder die Computer oder das System dazu veranlassen, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 durchzuführen.

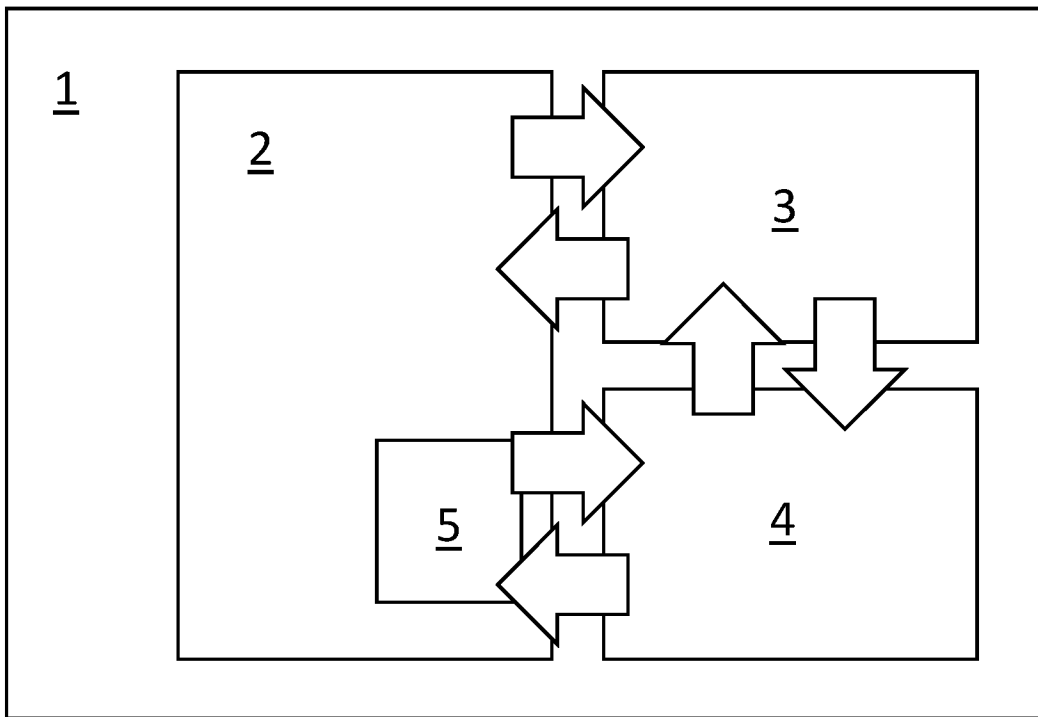


Fig. 1

2/3

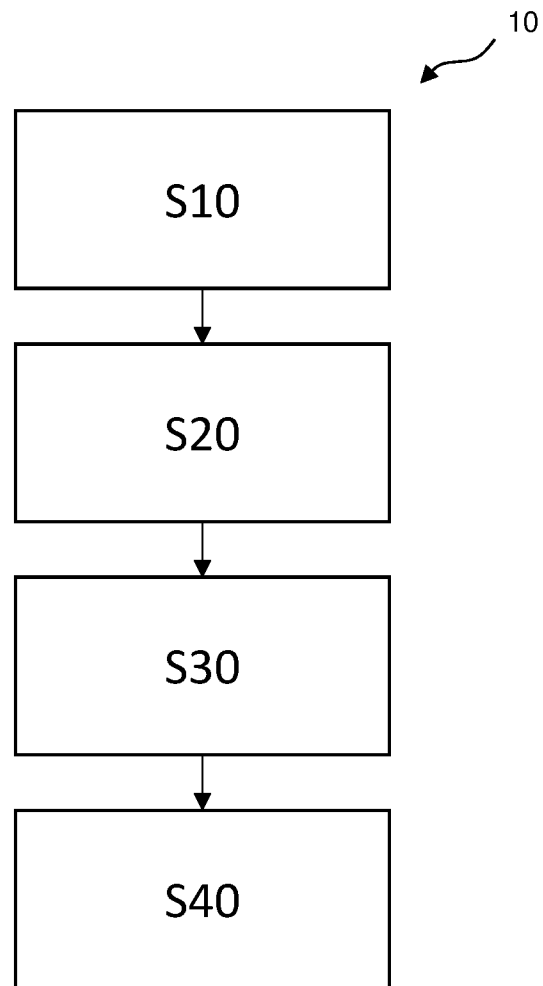


Fig. 2

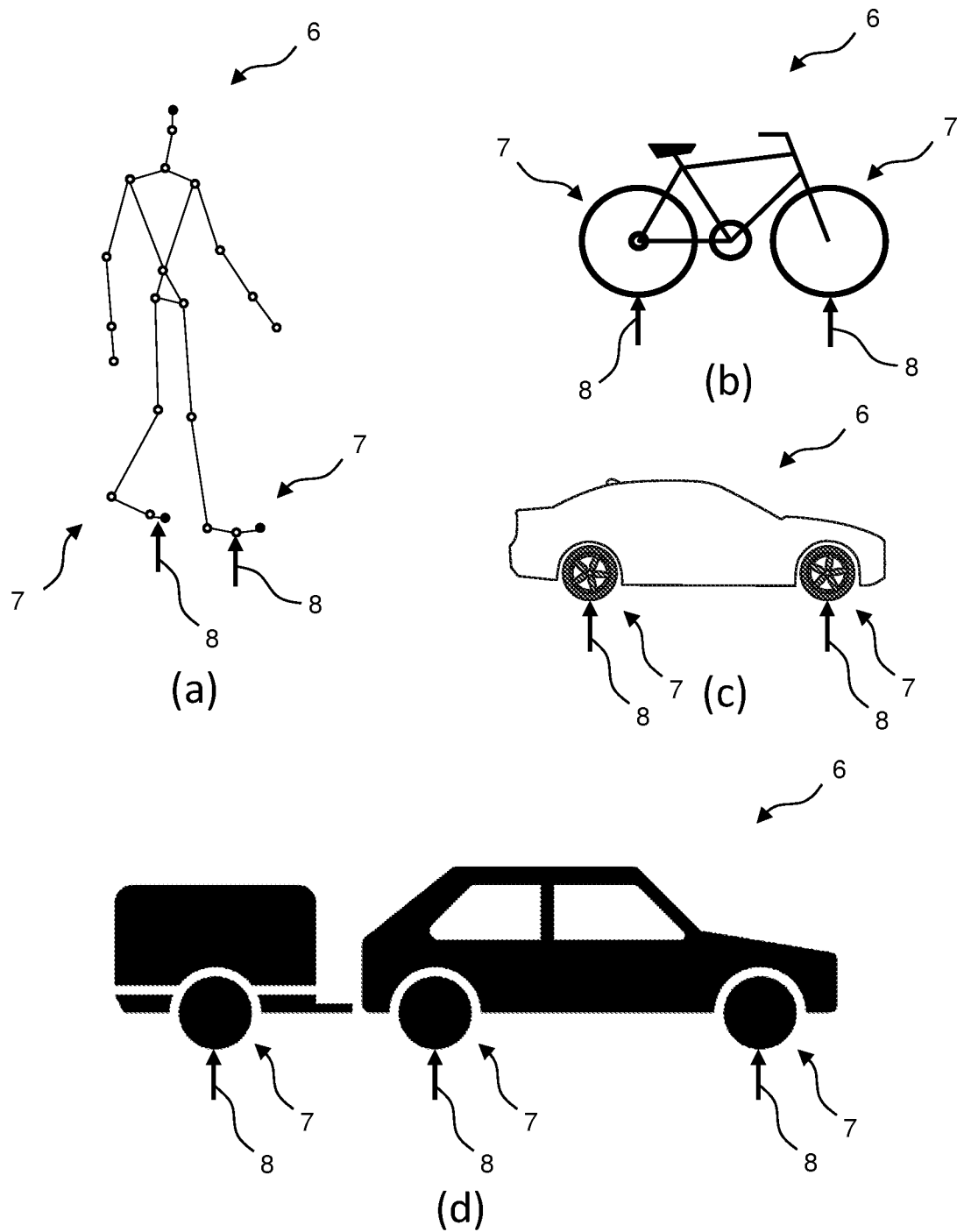


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/AT2023/060129

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01M 17/007**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01M

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)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	OLAF GIETELINK ET AL. "Development of advanced driver assistance systems with vehicle hardware-in-the-loop simulations" <i>VEHICLE SYSTEM DYNAMICS</i> , Vol. 44, No. 7, 01 July 2006 (2006-07-01), pages 569-590 DOI: 10.1080/00423110600563338 ISSN: 0042-3114, XP055075570 pages 575-579 page 585 figures 6,11	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 July 2023

Date of mailing of the international search report

20 July 2023

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Kaiser, Jean-Luc

Telephone No.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01M17/007 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01M		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	OLAF GIETELINK ET AL: "Development of advanced driver assistance systems with vehicle hardware-in-the-loop simulations", VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, Bd. 44, Nr. 7, 1. Juli 2006 (2006-07-01), Seiten 569-590, XP055075570, ISSN: 0042-3114, DOI: 10.1080/00423110600563338 Seiten 575-579 Seite 585 Abbildungen 6,11 -----	1-12
☐ 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 10. Juli 2023		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 20/07/2023
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 Kaiser, Jean-Luc