



(10) **DE 10 2018 005 865 A1** 2019.07.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 005 865.5**

(22) Anmeldetag: **26.07.2018**

(43) Offenlegungstag: **04.07.2019**

(51) Int Cl.: **G06K 9/62 (2006.01)**

(71) Anmelder:

Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

**Elgharbawy, Mohamed, 70374 Stuttgart, DE;
Schwarzhaupt, Andreas, Dr.-Ing., 76829 Landau,
DE; Scherhauser, Ingo, Dipl.-Ing. (FH), 73663
Berglen, DE; Gut, Matthias, Dipl.-Ing. (FH), 72760
Reutlingen, DE; Frey, Michael, Dr.-Ing., 76275
Ettlingen, DE**

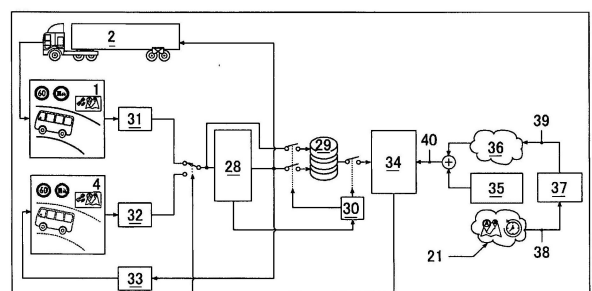
Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Testen eines Assistenzsystems für ein Fahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Testen eines Assistenzsystems für ein Fahrzeug (2), insbesondere für einen Lastkraftwagen.

Erfindungsgemäß ist das Assistenzsystem als ein kartenbasiertes System zur Geschwindigkeitsbegrenzung ausgebildet, wobei Verkehrszeichen bild- und kartenbasiert erfasst und fusioniert werden und wobei erfasste Informationen für zu testende Szenarien mittels einer Clusteranalyse in Äquivalenzklassen eingeteilt werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Testen eines Assistenzsystems für ein Fahrzeug nach den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Assistenzsysteme für Fahrzeuge allgemein bekannt. Ebenso ist es allgemein bekannt, derartige Assistenzsysteme, insbesondere in einer Entwicklungsphase, zu testen.

[0003] In der noch nicht veröffentlichten DE 10 2017 009 971.5 der Anmelderin, deren vollständiger Inhalt hiermit durch Referenz aufgenommen wird, wird ein Verfahren zum Testen eines Spurhalteassistenzsystems für ein Fahrzeug, insbesondere für einen Lastkraftwagen, beschrieben. In diesem Verfahren wird ontologiebasiert eine Kategorie adäquater und relevanter Szenarien für existierende Feldtests extrahiert.

[0004] In der noch nicht veröffentlichten DE 10 2018 004 429.8 der Anmelderin, deren vollständiger Inhalt hiermit durch Referenz aufgenommen wird, werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Testen eines Bremsassistenzsystems für ein Fahrzeug, insbesondere für einen Lastkraftwagen, beschrieben. In diesem Verfahren wird eine clusteranalytische Charakterisierung von Fahrsituationen basierend auf erfassten Sensorsignalen zur Umfeldfassung und deren Systemreaktionen im Fahrbetrieb des Fahrzeugs ermittelt.

[0005] In der DE 198 52 631 A1 der Anmelderin, deren vollständiger Inhalt hiermit durch Referenz aufgenommen wird, werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verkehrszeichenerkennung beschrieben. Die Vorrichtung umfasst einen digitalen Bildsensor zur Aufnahme von Bildern, die potentiell Verkehrszeichen enthalten, eine Informationsverarbeitungseinheit zur Analyse der von dem Bildsensor gelieferten Bilder in Echtzeit, eine Speichereinheit und eine Anzeigeeinheit. Die Informationsverarbeitungseinheit ermittelt, ob ein Bild ein oder mehrere Objekte enthält, welche mit hinreichender Wahrscheinlichkeit Verkehrszeichen sind. Die Speichereinheit enthält einen vorgegebenen Klassifikator, der schwankungstolerant generiert wird aus einer repräsentativen Stichprobe von klassenspezifischen Merkmalsdaten, die jeweils allen Elementen einer bestimmten Klasse von Verkehrszeichen gemeinsam sind und die zur eindeutigen Identifizierung dieser Klasse ausreichen. Die Speichereinheit enthält des Weiteren vereinfachte Repräsentationen dieser klassenspezifischen Merkmalsdaten. Die Informationsverarbeitungseinheit extrahiert aus den Bilddaten von einem als Verkehrszeichen erkannten Objekt reale Merkmalsdaten, klassifiziert die extrahierten realen Merkmalsdaten mittels des Klassifikators, führt an-

hand dieser Klassifikation eine Zuordnung des als Verkehrszeichen erkannten Objektes zu einer Klasse von Verkehrszeichen durch, separiert die Bilddaten von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt in einer für die zugeordnete Klasse spezifischen Aufteilung in einen oder mehrere Bildbereiche, die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten, und in einen oder mehrere Bildbereiche, die zeichenspezifische Merkmalsdaten enthalten, und reduziert die Bilddaten von dem als Verkehrszeichen erkannten Objekt auf eine vereinfachte Darstellung, indem sie die Bildbereiche löscht, die klassenspezifische Merkmalsdaten enthalten, und die gelöschten Bildbereiche ersetzt durch die vereinfachte Repräsentation der klassenspezifischen Merkmalsdaten der dem Verkehrszeichen zugeordneten Klasse. Die Speichereinheit speichert die vereinfachte Darstellung des als Verkehrszeichen erkannten Objektes. Die Anzeigeeinheit zeigt die vereinfachte Darstellung des als Verkehrszeichen erkannten Objektes an.

[0006] In der DE 10 2012 210 454 A1, deren vollständiger Inhalt hiermit durch Referenz aufgenommen wird, werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bereitstellung von Daten für einen elektronischen Horizont für ein Fahrerassistenzsystem eines Fahrzeugs beschrieben. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Bestimmens zumindest einer Fahrzeuggruppe aus sich im Umfeld des Fahrzeugs befindlichen Fremdfahrzeugen, basierend auf von den Fremdfahrzeugen ausgesendeten Parametern, wobei die zumindest eine Fahrzeuggruppe zumindest eines der Fremdfahrzeuge umfasst. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Zusammenfassens von Parametern der von der zumindest einen Fahrzeuggruppe umfassten Fremdfahrzeuge zu einem Datenpaket für den elektronischen Horizont, wenn die zumindest eine Fahrzeuggruppe zumindest zwei Fremdfahrzeuge umfasst.

[0007] In der WO 2013/017125 A1, deren vollständiger Inhalt hiermit durch Referenz aufgenommen wird, wird ein Verfahren zur Erkennung von Verkehrszeichen, die mindestens ein Haupt- und mindestens ein zugeordnetes Zusatzzeichen umfassen, beschrieben. Es wird mindestens ein Bild einer Fahrzeugumgebung mit einer Kamera aufgenommen. Aus den Daten des mit der Kamera aufgenommenen Bildes wird das Vorhandensein und die Klasse eines oder mehrerer Hauptzeichen erkannt. Das Vorhandensein eines oder mehrerer zu dem oder den erkannten Hauptzeichen zugeordneter Zusatzzeichen wird erkannt. Das oder die Zusatzzeichen werden mittels eines Mustererkennungsverfahrens soweit möglich klassifiziert. Sofern die Klassifikation durch das Mustererkennungsverfahren nicht oder nicht vollständig möglich war, wird mittels eines Texterkennungsverfahrens der Zusatzzeichentext gelesen und interpretiert, so dass der Informationsgehalt ermittelt ist. In einem weiteren Schritt erfolgt eine Relevanzeinschät-

zung, bei der der erkannte Text verglichen wird mit Situationsdaten wie Uhrzeit, Wochentag, zurückgelegte Entfernung des Fahrzeugs seit Passieren des erkannten Verkehrszeichens mit Zusatzschild, Gewicht des eigenen Fahrzeugs, Nässe auf der Fahrbahn, Außentemperatur, Lage der befahrenen Fahrspur, Aktivierung des Blinkers und/oder Abbiegeempfehlung einer aktiven Routenplanung.

[0008] In der DE 10 2014 211 450 A1, deren vollständiger Inhalt hiermit durch Referenz aufgenommen wird, wird eine Spurüberwachung mit elektronischem Horizont beschrieben. Eine Vorrichtung für ein Fahrzeug, das auf einer Spurmarkierungen aufweisenden Straße betrieben wird, enthält einen optischen Sensor, der optische Daten der Straße bereitstellt. Ein erstes Spurenmodell wird in einem elektronischen Speicher als Reaktion auf detektierte Spurenmarkierungen in den optischen Daten gespeichert. Ein System mit elektronischem Horizont verfolgt eine Position des Fahrzeugs und stellt als Reaktion auf die Position Straßendaten bereit. Ein zweites Spurenmodell ist als Reaktion auf die Straßendaten in dem elektronischen Speicher gespeichert. Ein Konfidenzprüfmittel vergleicht eine Abweichung zwischen dem ersten und zweiten Spurenmodell mit einer Schwelle, um ein Konfidenzniveau zu bestimmen. Ein Ausgabeselektor wählt das erste Spurenmodell, wenn Spurenmarkierungen in den optischen Daten detektiert werden, und wählt das zweite Spurenmodell, falls die Spurenmarkierungen in den optischen Daten nicht detektiert wurden und das Konfidenzniveau größer als ein vorbestimmtes Niveau ist.

[0009] Um ein Verkehrszeichenerkennungssystem auszuwerten, werden zeitaufwendige manuelle Generierungen von Referenzinformationen üblicherweise innerhalb vorgegebener Zeitabschnitte durchgeführt. Darüber hinaus ist ein zeitaufwändiges Studium der Daten notwendig, um das Systemverhalten mit den Referenzinformationen abzugleichen.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfahren zum Testen eines Assistenzsystems für ein Fahrzeug anzugeben.

[0011] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Testen eines Assistenzsystems für ein Fahrzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0012] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0013] In einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Testen eines Assistenzsystems für ein Fahrzeug, insbesondere für einen Lastkraftwagen, wobei das Assistenzsystem als ein kartenbasiertes System zur Geschwindigkeitsbegrenzung, insbesondere als ein

Verkehrszeichenerkennungssystem, ausgebildet ist, werden Verkehrszeichen bild- und kartenbasiert erfasst und fusioniert und erfasste Informationen für zu testende Szenarien werden mittels einer Clusteranalyse in Äquivalenzklassen eingeteilt. In diesem Verfahren, insbesondere zum Testen eines Verkehrszeichenerkennungssystems für ein Fahrzeug, ist insbesondere eine Erfassung eines Fahrzeugumfeldes für das Verkehrszeichenerkennungssystem notwendig. Durch das erfindungsgemäße Verfahren werden die vorgenannten Nachteile des Standes der Technik vermieden.

[0014] In dem Verfahren, insbesondere zum Testen des Verkehrszeichenerkennungssystems für ein Fahrzeug, insbesondere für einen Lastkraftwagen, erfolgt insbesondere eine automatische Generierung von Referenzinformationen, z. B. einer Geschwindigkeitsbegrenzung, auf Basis von statischen Kartendaten unter Aktualisierung durch Cloud-basierte Daten. Die generierten Referenzinformationen werden insbesondere durch Hinzunahme von Verkehrsflussdaten plausibilisiert. Das Testen wird insbesondere auf Basis eines Ereignisprotokolls durchgeführt. Insbesondere kann zusätzlich zum Testen einer Funktionalität eines Gesamtsystems eine Funktionalität von Teilsystemen getestet werden. Vorteilhafterweise wird ein jeweiliger Teilsystemtest analysiert, um Hinweise auf kritische Fahrscenarien zu erhalten. Für das Verhalten des zu testenden Systems notwendige Eingangsdaten werden insbesondere aus Fahrversuchen und/oder aus einer Simulation ermittelt.

[0015] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, Verkehrshotspotkategorien von falsch-positiven und falsch-negativen Ereignissen aus den verschiedenen Informationsquellen in den clusteranalytisch charakterisierten Fahrsituationen mithilfe einer Datenbank für die zu testenden Szenarien zu transformieren. Das Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ermöglichen eine gesamtheitliche Testentscheidungsgrundlage für das Testen eines Verkehrszeichenerkennungssystems, wobei die Testentscheidungsgrundlage anhand der Bewertung des Verhaltens von einzelnen Komponenten sowie vom Gesamtsystem definiert ist. Das Verfahren und die entsprechende Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ermöglichen insbesondere eine adaptive Testabdeckung für das kartenbasierte Geschwindigkeitsbegrenzungssystem. Insbesondere wird ermöglicht, eine Kluft zwischen wissensbasierten und datenbasierten Ansätzen zu schließen, um eine kontinuierliche Erweiterung des Wissens in der adaptiven Testabdeckung zu ermöglichen.

[0016] Vorteilhafterweise wird ein in Fahrtrichtung vor dem Fahrzeug detektiertes Verkehrszeichen zur Klassifizierung und Verfolgung bestimmter Merkmale in Bildsequenzen verwendet, die mit Hilfe einer

optischen Erfassungseinheit aufgezeichnet werden. Aus den Fahrspurdaten einer Spurerkennungsvorrichtung werden die Suchbereiche eines relevanten Verkehrszeichnens vorselektiert. Zusätzlich wird ein elektronischer Horizont als ein Vorhersagemodell eingesetzt, mit dem die aktuelle Fahrzeugposition ermittelt und damit verkehrsrelevante Informationen, z. B. eine Geschwindigkeitsbegrenzung, innerhalb des Positionshorizonts auf Basis gespeicherter Kartendaten vorhergesagt werden.

[0017] Die bild- und kartenbasierten Erfassungsdaten werden vorteilhafterweise in einer Heuristik, d. h. in einem Algorithmus, fusioniert, um eine erhöhte Zuverlässigkeit der Verkehrszeichenerkennung sicherzustellen. Trotz der Diskrepanz zwischen visueller und kartografischer Darstellung durch nicht aktualisierte Kartendaten oder optische Erkennungsfehler muss die robuste Heuristik auch in ungewöhnlichen Situationen definiert funktionieren und sinnvolle Reaktionen auslösen.

[0018] Vorteilhafterweise wird einerseits eine Verkehrshotspotkategorie für False-Positive-Ereignisse durch einen Vergleich mit den Referenzdaten unter Verwendung einer dichte-basierten räumlichen Clusteranalyse ermittelt, wobei die ereignisbasierten Auslösungen des Systems zur Verkehrszeichenerkennung in einem Ereignisprotokoll auf der Steuereinheit aufgezeichnet werden. Andererseits wird eine andere Verkehrshotspotkategorie für False-Negative-Ereignisse durch eine Vergleichsdiskrepanz aus den Referenzdaten identifiziert, wenn das Verkehrszeichenerkennungssystem keine Ereignisse für die befahrene Strecke auslöst.

[0019] Im Verfahren werden als obligatorische Verfahrensschritte beispielsweise folgende Schritte durchgeführt, wobei deren Reihenfolge veränderbar ist:

- I. Ermittlung relevanter Referenzinformationen auf Basis von statischen Kartendaten unter Aktualisierung durch Cloud-basierte Daten
- II. Plausibilisierung der generierten Referenzinformationen durch Hinzunahme von Verkehrsflussdaten
- III. Definition von Ereignisprotokolldaten zur Ermittlung von Fahrsituationsclustern
- IV. Auswahl von Distanz- und Ähnlichkeitsmaßen basierend auf Warnereignissen des Verkehrszeichenerkennungssystems
- V. Auswahl eines geeigneten Clusterverfahrens zur clusteranalytischen Charakterisierung von Fahrsituationen
- VI. Bestimmung einer optimalen Clusteranzahl
- VII. Training eines Klassifikators mit markierten Clusterdaten

VIII. Anwendung des Klassifikators mit naturalistischen Warnereignissen

IX. Nutzung der klassifizierten Clusterdaten zur Ermittlung von charakteristischen Verkehrshotspotkategorien für eine jeweilige Gruppierung

X. Ableitung von zu testenden Szenarien durch eine örtliche Abfolge von verkehrsrelevanten Informationen, z. B. Geschwindigkeitsbegrenzung

XI. Kombination von einzelnen zu testenden Szenarien zu einem Testablauf

XII. Beschreiben des Testablaufs in einem De-facto-Standardformat

XIII. Testausführung auf einer so genannten Cluster-Hardware-in-the-Loop-Plattform

XIV. Auswertung von Testfällen mittels Grenzwerten als Bestanden- und Durchgefallen-Kriterien

XV. Definition und Anwendung von gesamtheitlichen Testentscheidungsgrundlagen

[0020] Eine weitere Vorgehensweise zur Berücksichtigung zusätzlicher Felddaten bei bereits ermittelten charakteristischen Verkehrshotspotkategorien sieht beispielsweise als optionale Verfahrensschritte vor:

XVI. Vergleich zusätzlicher Felddaten mit charakteristischen Verkehrshotspotkategorien

XVII. Gegebenenfalls Erweiterung der Anzahl der Cluster für die Gruppierung

XVIII. Wiederholung und Anwendung der Schritte von II bis XV.

[0021] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0022] Dabei zeigen:

Fig. 1 schematisch eine adaptive Testabdeckung mit Verkehrshotspotkategorien am Beispiel eines Verkehrszeichenerkennungssystems,

Fig. 2 schematisch eine automatische Generierung von Referenzinformationen, z.B. Geschwindigkeitsbegrenzung mit Verkehrshotspotkategorien am Beispiel eines Verkehrszeichenerkennungssystems,

Fig. 3 schematisch eine synthetische Strecke mit unterschiedlichen Verkehrszeichen für die zulässige Höchstgeschwindigkeit, das auf der Cluster-Hardware-in-the-Loop-Plattform angewendet wird,

Fig. 4 schematisch eine Aufzeichnung der Objektlisten einer realen Kamera mit Kame-

ra-Box und eines simulierten elektronischen Horizonts für die befahrene Strecke, die auf der Cluster-Hardware-in-the-Loop-Plattform angewendet wird,

Fig. 5 schematisch eine Aufzeichnung der Objektlisten einer realen Kamera mit Kamera-Box und eines simulierten elektronischen Horizonts mit dem Wegfall eines Verkehrszeichens für die zulässige Höchstgeschwindigkeit „30“ für die befahrene Strecke, die auf der Cluster-Hardware-in-the-Loop-Plattform angewendet wird, und

Fig. 6 schematisch eine Aufzeichnung der Objektlisten einer realen Kamera mit Kamera-Box und eines simulierten elektronischen Horizonts mit dem Ersetzen eines Verkehrszeichens für die zulässige Höchstgeschwindigkeit „10“ für die befahrene Strecke, die auf der Cluster-Hardware-in-the-Loop-Plattform angewendet wird.

[0023] Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0024] Im Folgenden werden anhand der **Fig. 1** bis **Fig. 6** ein Verfahren zum Testen eines kartenbasierten Systems zur Geschwindigkeitsbegrenzung, insbesondere eines Verkehrszeichenerkennungssystems **3**, für ein Fahrzeug **2**, insbesondere für einen Lastkraftwagen, und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens beschrieben. Damit wird eine adaptive Testabdeckung **11** für die Verkehrszeichenerkennung ermöglicht. Das Verfahren dient insbesondere zum Testen eines Warnprozesses der Verkehrszeichenerkennung.

[0025] Es wird eine clusteranalytische Charakterisierung von Fahrsituationen identifiziert, um eine Kategorie von zu testenden Szenarien für bestehende Feldtests, auch als Field Operational Tests (FOT) bezeichnet, zu extrahieren. Das Verfahren erstellt ein Konzept für eine gesamtheitliche Testentscheidungsgrundlage für das Verkehrszeichenerkennungssystem **3**. Die Fahrsituationen sind mittels Data-Mining-Techniken zu extrahieren und systematisch über Verkehrshotspotkategorien **19** in Anforderungen für die adaptive Testabdeckung **11** umzuwandeln.

[0026] Das beschriebene Konzept zielt darauf ab, eine Lücke zwischen wissens- und datenbasierten Ansätzen zu schließen, um eine kontinuierliche Erweiterbarkeit des Wissens in der adaptiven Testabdeckung **11** zu ermöglichen, wie in **Fig. 1** dargestellt.

[0027] **Fig. 1** zeigt eine automatische Generierung von Referenzinformationen **20**, z. B. einer Geschwindigkeitsbegrenzung, am Beispiel des Verkehrszeichenerkennungssystems **3**, wobei eine Funktionalspezifikation **16** aus Spitzenanforderung **17** und Anwendungsfällen **18** erstellt und in natürlicher Sprache formuliert wird. Diese bildet die Basis für ein wis-

sensbasiertes Testen **32**, welches das zu testende Verkehrszeichenerkennungssystem **3** mit konkreten Szenarien beaufschlagt.

[0028] Die Adaption besteht nun in der Erweiterung der mit Hilfe des wissensbasierten Testens **32** erzeugten konkreten Szenarien durch weitere logische Szenarien. Dabei kennzeichnet Bezugszeichen **1** ein natürliches Fahrscenario, welches mit dem Fahrzeug **2** mit dem Verkehrszeichenerkennungssystem **3** in einer realen Testfahrt befahren wird, d. h. ein reales Fahrscenario. Mit Bezugszeichen **4** ist ein synthetisches Fahrscenario gekennzeichnet, welches mit einer Kamera-Box **5** und einem Sensormodell **7** eines elektronischen Horizonts **6** für das Verkehrszeichenerkennungssystem **3** erfasst oder in dieser oder mittels dieser für das Verkehrszeichenerkennungssystem **3** simuliert wird. Das synthetische Fahrscenario **4** ist somit insbesondere eine Simulation.

[0029] Jeweilige Ereignisse **8, 9** des Verkehrszeichenerkennungssystems **3** werden einer mit dem Bezugszeichen **10** gekennzeichneten Verkehrshotspotkategorienanalyse, insbesondere auf Basis der Referenzinformationen der Verkehrszeichen, zugeführt. Das Bezugszeichen **11** kennzeichnet die adaptive Testabdeckung, welche aus der Verkehrshotspotkategorienanalyse **10** resultiert.

[0030] Bezugszeichen **12** kennzeichnet ein so genanntes Parsing, d. h. eine Konvertierung in eine Defacto-Standard-Beschreibungssprache, der zu testenden Szenarien, insbesondere worst-case-Szenarien, auf Basis der adaptiven Testabdeckung **11**. Eine Testautomation **13** und das Beschreiben der zu testenden Szenarien beeinflussen das synthetische Fahrscenario **4** und/oder die Kamera-Box **5** sowie das Sensormodell **7** des elektronischen Horizonts **6**.

[0031] Bezugszeichen **14** kennzeichnet eine Fehlerinjektion.

[0032] Bezugszeichen **15** kennzeichnet eine Fahrzeugdynamik.

[0033] Bezugszeichen **19** kennzeichnet Verkehrshotspotkategorien **19** von falsch-positiven und falsch-negativen Ereignissen **8, 9** aus verschiedenen Informationsquellen.

[0034] Bezugszeichen **20** kennzeichnet die automatische Generierung von Referenzinformationen.

[0035] Bezugszeichen **21** kennzeichnet eine adaptive Plausibilitätskontrolle $\tilde{v}_G \approx v_D(t \pm t_G)$ durch Hinzunahme von Verkehrsflussdaten, wobei \tilde{v}_G als gemessene Geschwindigkeit, $v_D(t_A \pm t_G)$ als Durchschnittsgeschwindigkeit bei t_G als ein zeitliches Begrenzungskriterium für die Aktualisierung ist.

[0036] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung des Verfahrens und der Vorrichtung zur Evaluierung des Verkehrszeichenerkennungssystems 3 mittels Verkehrshotspotkategorien 19 und automatischer Generierung von Referenzinformationen 20. Bezugszeichen 1 kennzeichnet auch hier das natürliche Fahrscenario 1 und somit eine reale Testfahrt.

[0037] Bezugszeichen 2 kennzeichnet auch hier das Fahrzeug, beispielsweise einen realen Lastkraftwagen.

[0038] Bezugszeichen 4 kennzeichnet auch hier das synthetische Fahrscenario und somit eine virtuelle Testfahrt, d. h. eine Simulation.

[0039] Bezugszeichen 28 kennzeichnet eine Steuergerätplattform für Verkehrszeichenerkennungsfunktionen.

[0040] Bezugszeichen 29 kennzeichnet eine integrierte Datenbank.

[0041] Bezugszeichen 30 kennzeichnet ausgelöste Ereignisse.

[0042] Bezugszeichen 31 kennzeichnet ein datenbasiertes Ausdauer testen.

[0043] Bezugszeichen 32 kennzeichnet das wissensbasierte Testen des Fahrzeugs 2.

[0044] Bezugszeichen 33 kennzeichnet ein Fahrzeugverhalten in virtueller Umgebung, insbesondere ein Lastkraftwagendynamikmodell, inklusive einer Fahrer kabine.

[0045] Bezugszeichen 34 kennzeichnet Cloud-basierte Referenzinformationen.

[0046] Bezugszeichen 35 kennzeichnet statische Karten.

[0047] Bezugszeichen 36 kennzeichnet Verkehrsflussdaten zur Plausibilisierung.

[0048] Bezugszeichen 37 kennzeichnet eine Plausibilisierung durch durchschnittliche Verkehrsflussdaten.

[0049] Bezugszeichen 38 kennzeichnet einen Vergleich durch Hinzunahme von Verkehrsflussdaten.

[0050] Bezugszeichen 39 kennzeichnet eine Aktualisierung der Cloud-basierten Referenzinformationen.

[0051] Bezugszeichen 40 kennzeichnet aktualisierte hochauflösende Karten.

[0052] Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Fahrscenarios mit unterschiedenen Verkehrszeichen für eine zulässige Höchstgeschwindigkeit.

[0053] Bezugszeichen 22 kennzeichnet einen Startpunkt einer Fahrstrecke 24.

[0054] Bezugszeichen 23 kennzeichnet einen Endpunkt der Fahrstrecke 24.

[0055] Bezugszeichen 24 kennzeichnet die Fahrstrecke.

[0056] Bezugszeichen 25 kennzeichnet Streckeninformationen des elektronischen Horizonts.

[0057] Bezugszeichen 26 kennzeichnet eine Stadt als Streckentyp.

[0058] Bezugszeichen 27 kennzeichnet eine Landstraße als Streckentyp.

[0059] Bezugszeichen v_{vz} kennzeichnet Verkehrszeichen zur Geschwindigkeitsbegrenzung.

[0060] Im Folgenden wird die Ermittlung einer Fusionsausgabe näher beschrieben. Hierzu wird zunächst eine Berechnung beschrieben.

[0061] Eine mathematische Beschreibung der Fusionsausgabe $P^{(f)}$ ist wie folgt.

$$P(f) = \gamma^{(c)} \cdot P^{(c)} + \gamma^{(h)} \cdot P^{(h)}, \quad \forall \gamma^{(c)} \in \{0, 1\}, \quad \gamma^{(h)} \in \{0, 1\} \quad (1)$$

[0062] Dabei ist $\gamma^{(c)}$ ein binärer Gewichtungsfaktor für eine Ausgabe einer Kamera-Objektliste und $\gamma^{(h)}$ ist ein binärer Gewichtungsfaktor für eine Sensormodellausgabe des elektronischen Horizonts 6. Die Variable $P^{(c)}$ ist eine Ausgabe einer realen Kamera in Kamera-Box 5 und die Variable $P^{(h)}$ ist die Ausgabe des simulierten elektronischen Horizonts 6.

[0063] Fig. 4 zeigt eine Aufzeichnung der Objektlisten einer realen Kamera mit Kamera-Box 5 und eines simulierten elektronischen Horizonts 6 für eine befahrene Strecke d_s , die auf einer Cluster-Hardware-in-the-Loop-Plattform angewendet wird. Die Objektlisten zur Geschwindigkeitsbegrenzung werden vom elektronischen Horizont 6 auf Übereinstimmung mit den Verkehrszeichen in der virtuellen Umgebung geprüft. Da die Kamera die Verkehrszeichen im Sichtfeld vor Ortung von Verkehrszeichen erkennt, weist das Kamerasignal eine geringe Abweichung zur Lage der Verkehrszeichen auf.

[0064] Fig. 5 zeigt eine Aufzeichnung der Objektlisten einer realen Kamera mit Kamera-Box 5 und eines simulierten elektronischen Horizonts 6 mit dem Weg-

fall eines Verkehrszeichens für die zulässige Höchstgeschwindigkeit „30“ für die befahrene Strecke d_s , die auf der Cluster-Hardware-in-the-Loop-Plattform angewendet wird.

[0065] Fig. 6 zeigt eine Aufzeichnung der Objektlisten einer realen Kamera mit Kamera-Box **5** und eines simulierten elektronischen Horizonts **6** mit dem Ersetzen eines Verkehrszeichens für die zulässige Höchstgeschwindigkeit „10“ für die befahrene Strecke d_s , die auf der Cluster-Hardware-in-the-Loop-Plattform angewendet wird.

Bezugszeichenliste

<p>1 natürliches Fahrscenario</p> <p>2 Fahrzeug</p> <p>3 Verkehrszeichenerkennungssystem</p> <p>4 synthetisches Fahrscenario</p> <p>5 Kamera-Box</p> <p>6 elektronischer Horizont</p> <p>7 Sensormodell eines elektronischen Horizonts</p> <p>8, 9 Ereignis</p> <p>10 Verkehrshotspotkategorienanalyse</p> <p>11 adaptive Testabdeckung</p> <p>12 Parsing</p> <p>13 Testautomation</p> <p>14 Fehlerinjektion</p> <p>15 Fahrzeugdynamik</p> <p>16 Funktionalspezifikation</p> <p>17 Spitzenanforderung</p> <p>18 Anwendungsfall</p> <p>19 Verkehrshotspotkategorie</p> <p>20 Referenzinformation</p> <p>21 adaptive Plausibilitätskontrolle</p> <p>22 Startpunkt</p> <p>23 Endpunkt</p> <p>24 Fahrstrecke</p> <p>25 Streckeninformation des elektronischen Horizonts</p> <p>26 Stadt als Streckentyp</p> <p>27 Landstraße als Streckentyp</p> <p>28 Steuergerätplattform</p> <p>29 Datenbank</p> <p>30 ausgelöstes Ereignis</p>	<p>31 datenbasiertes Ausdauer testen</p> <p>32 wissensbasiertes Testen</p> <p>33 Fahrzeugverhalten in virtueller Umgebung</p> <p>34 Cloud-basierte Referenzinformation</p> <p>35 statische Karte</p> <p>36 Verkehrsflussdaten zur Plausibilisierung</p> <p>37 Plausibilisierung durch durchschnittliche Verkehrsflussdaten</p> <p>38 Vergleich durch Hinzunahme von Verkehrsflussdaten</p> <p>39 Aktualisierung der Cloud-basierten Referenzinformationen</p> <p>40 aktualisierte hochauflösende Karte</p> <p>d_s befahrene Strecke</p> <p>$P^{(c)}$ Ausgabe einer realen Kamera</p> <p>$p^{(h)}$ Ausgabe eines simulierten elektronischen Horizonts</p> <p>v_{vz} Verkehrszeichen zur Geschwindigkeitsbegrenzung</p> <p>$\gamma^{(c)}$ binärer Gewichtungsfaktor für eine Ausgabe einer Kamera-Objektliste</p> <p>$\gamma^{(h)}$ binärer Gewichtungsfaktor für eine Sensormodellausgabe eines elektronischen Horizonts</p>
---	---

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102017009971 [0003]
- DE 102018004429 [0004]
- DE 19852631 A1 [0005]
- DE 102012210454 A1 [0006]
- WO 2013/017125 A1 [0007]
- DE 102014211450 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Testen eines Assistenzsystems für ein Fahrzeug (2), insbesondere für einen Lastkraftwagen, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Assistenzsystem als ein kartenbasiertes System zur Geschwindigkeitsbegrenzung ausgebildet ist, wobei Verkehrszeichen bild- und kartenbasiert erfasst und fusioniert werden und wobei erfasste Informationen für zu testende Szenarien mittels einer Clusteranalyse in Äquivalenzklassen eingeteilt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine automatische Generierung von Referenzinformationen (20), insbesondere einer Geschwindigkeitsbegrenzung, erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die automatische Generierung der Referenzinformationen (20) auf Basis von statischen Kartendaten unter Aktualisierung durch Cloud-basierte Daten erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Referenzinformationen durch Hinzunahme von Verkehrsflussdaten plausibilisiert werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Testen auf Basis eines Ereignisprotokolls durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich zum Testen einer Funktionalität eines Gesamtsystems eine Funktionalität von Teilsystemen getestet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein jeweiliger Teilsystemtest analysiert wird, um Hinweise auf kritische Fahrscenarien zu erhalten.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für das Verhalten des zu testenden Systems notwendige Eingangsdaten aus Fahrversuchen oder aus einer Simulation ermittelt werden.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

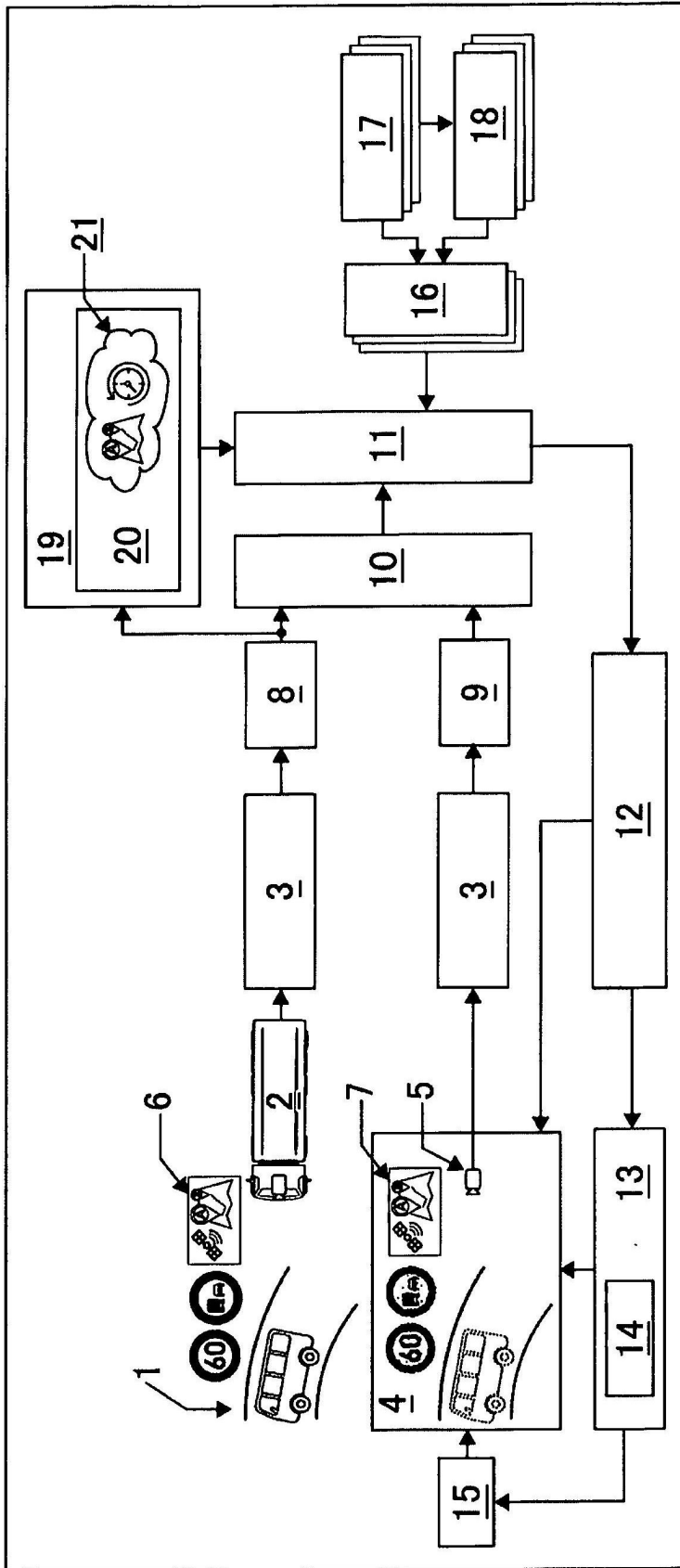


FIG 1

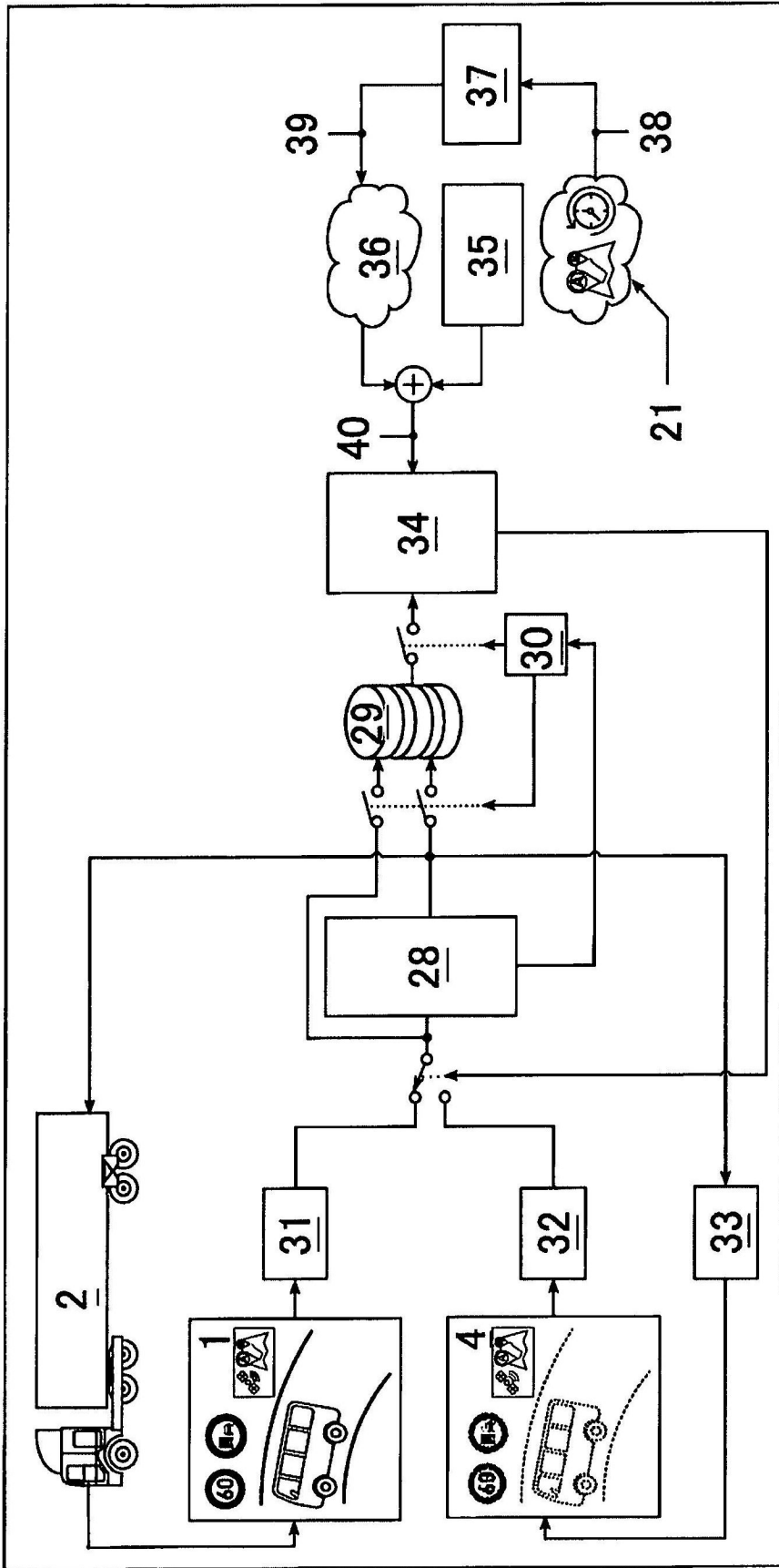


FIG 2

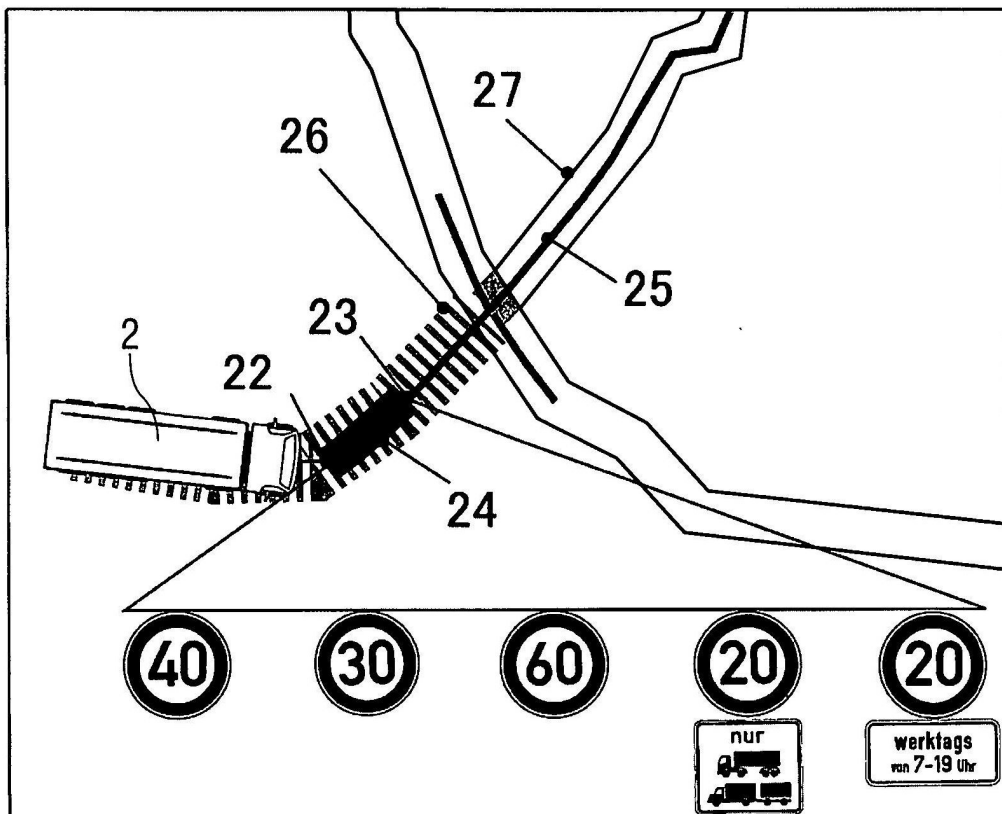


FIG 3

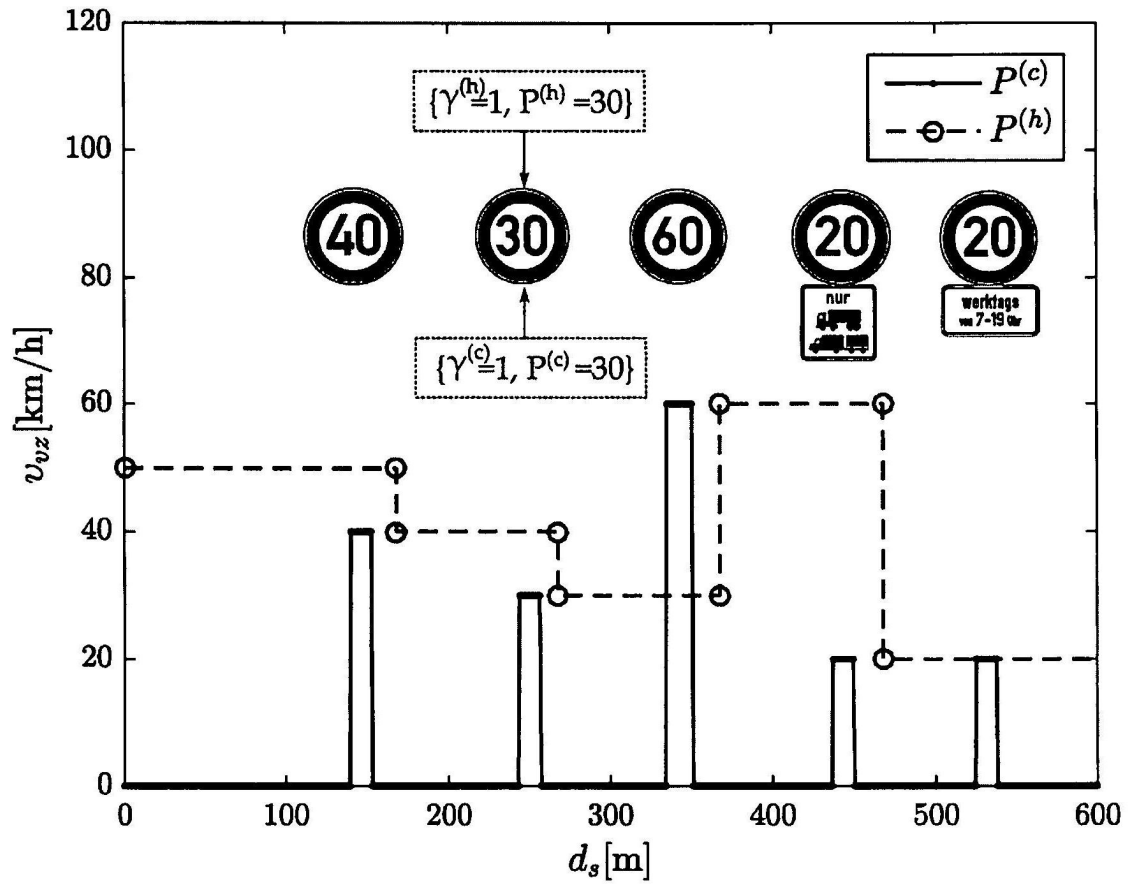


FIG 4

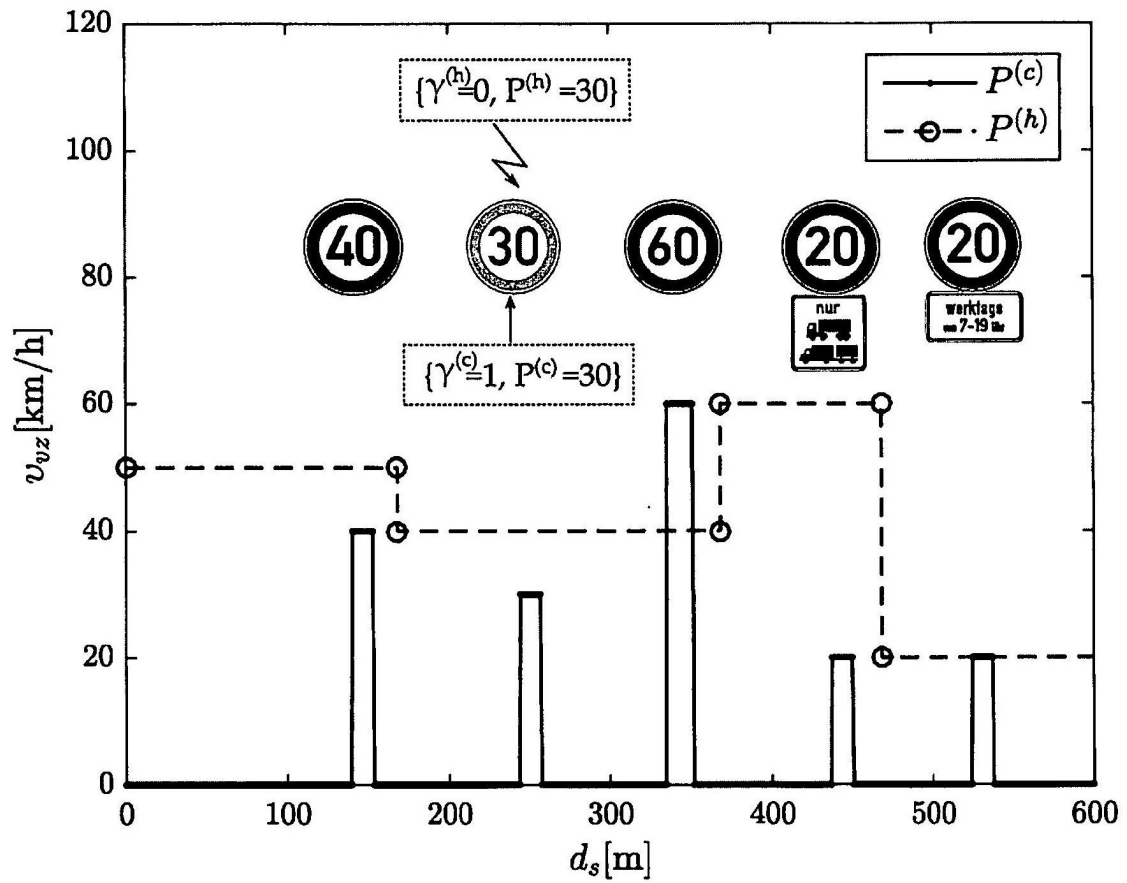


FIG 5

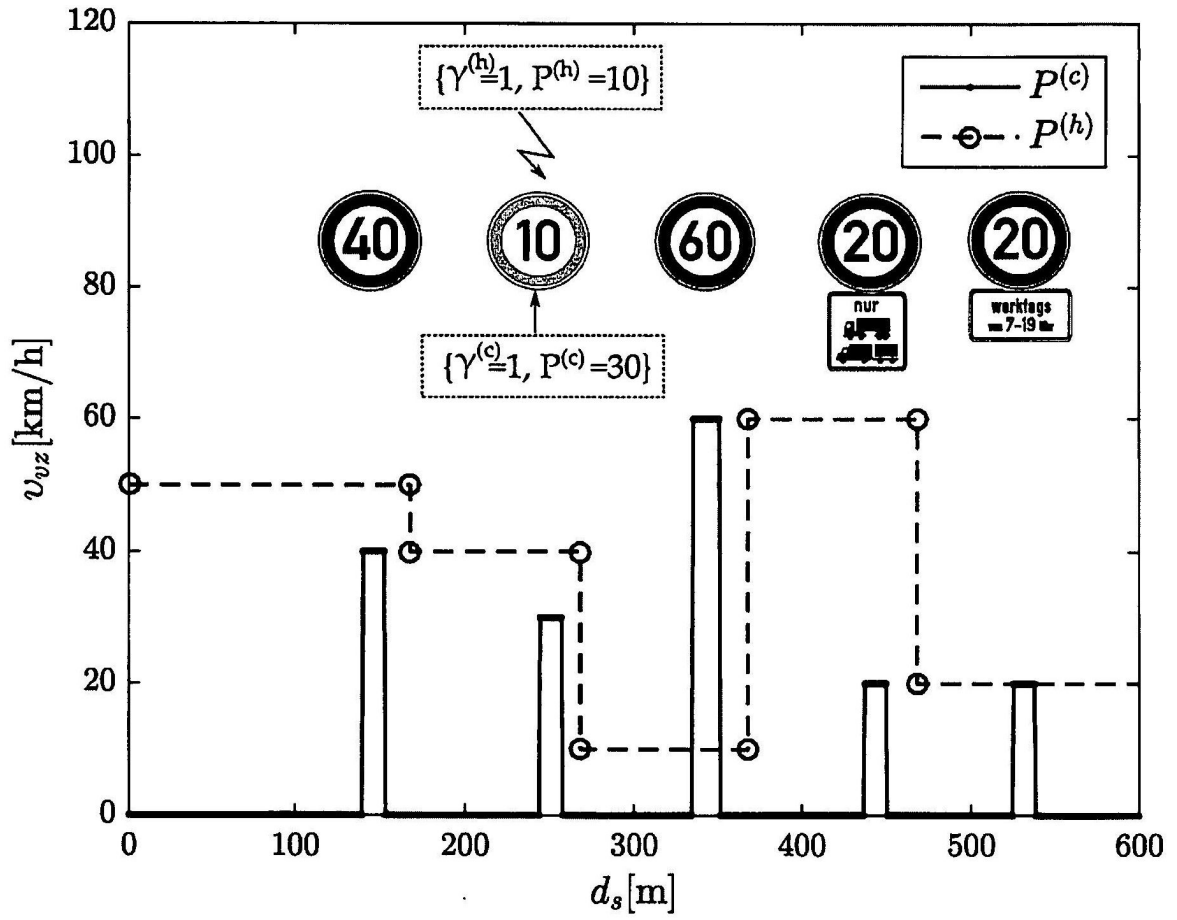


FIG 6