



## Beschreibung

### PRÜFSTANDSYSTEM ZUM TESTEN EINES FAHRERASSISTENZSYSTEMS MIT EINEM HÖRSCHALL-SENSOR

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Prüfstandsystem zum Testen eines Fahrerassistenzsystems mit einem akustischen Hörschall-Sensor für ein Kraftfahrzeug, wobei das Fahrerassistenzsystem eine Steuerungseinheit zur Verarbeitung von Sensorsignalen aufweist, welche eingerichtet ist, Sensorsignale von Umgebungssensoren zu verarbeiten und auf deren Grundlage das Kraftfahrzeug zu steuern, wobei wenigstens einer der Umgebungssensoren der Hörschall-Sensor, eingerichtet zum Erfassen von Hörschall, ist.

**[0002]** Die Verbreitung von Fahrerassistenzsystemen (Advanced Driver Assistance Systems - ADAS), welche in einer Weiterentwicklung autonomes Fahren (Autonomous Driving - AD) ermöglichen, nehmen sowohl im Bereich der Personenkraftwagen als auch bei Nutzfahrzeugen ständig zu. Fahrerassistenzsysteme leisten einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der aktiven Verkehrssicherheit und dienen zur Steigerung des Fahrkomforts.

**[0003]** Neben den insbesondere der Fahrsicherheit dienenden Systemen wie ABS (Anti-Blockier-System) und ESP (Elektronisches Stabilitätsprogramm) werden im Bereich der Personenkraftwagen und der Nutzfahrzeuge einer Vielzahl von Fahrerassistenzsystemen angeboten.

**[0004]** Fahrerassistenzsysteme, welche bereits zur Erhöhung der aktiven Verkehrssicherheit eingesetzt werden, sind ein Parkassistent, ein adaptiver Abstandsregeltempomat, der auch als Adaptive Cruise Control (ACC) bekannt ist, welcher eine vom Fahrer gewählte Wunschgeschwindigkeit adaptiv auf einen Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug einregelt. Ein weiteres Beispiel für solche Fahrerassistenzsysteme sind ACC-Stop-&-Go-Systeme, welche zusätzlich zum ACC die automatische Weiterfahrt des Fahrzeugs im Stau oder bei stehenden Fahrzeugen bewirkt, Spurhalte- oder Lane-Assist-Systeme, die das Fahrzeug automatisch auf der Fahrzeugspur halten, und Pre-Crash-Systeme, die im Fall der Möglichkeit einer Kollision beispielsweise eine Bremsung vorbereiten oder einleiten, um die kinetische Energie aus dem Fahrzeug zu nehmen, sowie gegebenenfalls weitere Maßnahmen einleiten, falls eine Kollision unvermeidlich ist.

**[0005]** Diese Fahrerassistenzsysteme erhöhen sowohl die Sicherheit im Verkehr, indem sie den Fahrer in kritischen Situationen warnen, bis zur Einleitung eines selbstständigen Eingriffs zur Unfallvermeidung oder Unfallverminderung, beispielsweise indem eine Notbremsfunktion aktiviert wird. Zusätzlich wird der Fahrkomfort durch Funktionen wie automatisches Einparken, automatische Spurhaltung und automatische Abstandskontrolle erhöht.

**[0006]** Der Sicherheits- und Komfortgewinn eines Fahrerassistenzsystems wird von den Fahrzeuginsassen nur dann positiv wahrgenommen, wenn die Unterstützung durch das Fahrerassistenzsystem sicher, verlässlich und in - soweit möglich - komfortabler Weise erfolgt.

**[0007]** Darüber hinaus muss jedes Fahrerassistenzsystem, je nach Funktion, im Verkehr auftretende Szenarien mit maximaler Sicherheit für das eigene Fahrzeug und auch ohne Gefährdung anderer Fahrzeuge bzw. anderer Verkehrsteilnehmer bewerkstelligen.

**[0008]** 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 (teil)autonomes Fahren betrachtet wird.

**[0009]** Die Herausforderungen zum Testen solcher Systeme sind vielfältig. Insbesondere muss ein Ausgleich zwischen dem Testaufwand und der Testabdeckung gefunden werden. Dabei ist die Hauptaufgabe beim Testen von ADAS/AD-Funktionen, zu demonstrieren, dass die Funktion des Fahrerassistenzsystems in allen vorstellbaren Situationen gewährleistet ist, insbesondere auch in kritischen Fahrsituationen. Solche kritischen Fahrsituationen weisen eine gewisse oder Kritikalität auf, da keine oder eine falsche Reaktion des jeweiligen Fahrerassistenzsystems zu einem Unfall führen kann.

**[0010]** Das Testen von Fahrerassistenzsystemen erfordert daher eine Berücksichtigung einer großen Anzahl von Fahrsituationen, welche sich in verschiedenen Szenarien ergeben können. Der Variationsraum von möglichen Szenarien wird dabei im Allgemeinen durch viele Dimensionen aufgespannt (z. B. verschiedene Straßeneigenschaften, ein Verhalten von anderen Verkehrsteilnehmern, Wetterbedingungen, etc.). Aus diesem nahezu unendlichen und multidimensionalen Parameterraum ist es zum Testen der Fahrerassistenzsysteme besonders relevant, solche Parameterkonstellationen für kritische Szenarien zu extrahieren, welche zu ungewöhnlichen oder gefährlichen Fahrsituationen führen können.

**[0011]** Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, reale Testfahrdaten einer realen Flotte von Testfahrzeugen zum Validieren und Verifizieren von Fahrerassistenzsystemen einzusetzen.

**[0012]** Das Dokument WO 2016/110488 offenbart ein Verfahren zum Betrieb eines Fahrsimulators, welches die folgenden Schritte aufweist:

- Erfassen eines Bremswunsches in dem Fahrsimulator, insbesondere auf der Grundlage einer Betätigung eines Bremsgebers;
- Umwandeln des erfassten Bremswunsches in wenigstens ein Bremssignal, welches geeignet ist, den Bremswunsch zu charakterisieren;
- Übertragen des wenigstens einen Bremssignals von dem Fahrsimulator an einen Prüfstand, auf welchem wenigstens ein Teil eines Antriebsstrangs mit wenigstens einem Achsenabschnitt, insbesondere einer Achshälfte, und wenigstens einer Bremse, welche dem wenigstens einen Achsenabschnitt zugeordnet ist, eines Fahrzeugs montiert sind;
- Drehen des wenigstens einen Achsenabschnitts mit einer ersten Raddrehzahl, welche einer vorgegebenen Geschwindigkeit des Fahrzeugs entspricht;
- Betätigen der wenigstens einen Bremse des Fahrzeugs auf der Grundlage des wenigstens einen Bremssignals;
- Einstellen eines vorgegebenen Drehmoments oder einer vorgegebenen zweiten Raddrehzahl an dem wenigstens einen Achsenabschnitt mittels wenigstens eines Dynamometers auf der Grundlage von Eigenschaften von wenigstens einer Komponente des Fahrzeugs, insbesondere des Antriebsstrangs, des Fahrwerks und/oder des ganzen Fahrzeugs, wobei die Eigenschaften wenigstens teilweise simuliert werden;
- Erfassen der realen Raddrehzahl bei vorgegebenem Drehmoment oder des realen Drehmoments bei vorgegebener zweite Raddrehzahl; und
- Ausgabe von Daten der realen Raddrehzahl oder des realen Drehmoments an den Fahrsimulator.

**[0013]** Das Dokument DE 10 2007 031040 A1 betrifft eine Prüfvorrichtung für ein Fahrerassistenzsystem, das in einem Fahrzeug integriert ist und eine Fahrzeugsensorik für die Aufnahme eines Signals aus dem Umfeld des Fahrzeugs aufweist, die Prüfvorrichtung umfassend:

- einen Simulator (2-6) zur Simulation des Umfelds
- und eine mit dem Simulator (2-6) verbundene Simulator-Sendeeinrichtung für die Ausstrahlung eines das simulierte Umfeld repräsentierenden, von der Fahrzeugsensorik aufnehmbaren Umfeldsimulationssignals zur Auslösung einer Reaktion des Fahrerassistenzsystems.

**[0014]** Das Dokument EP 3 101 404 A2 betrifft ein Testsystem, das einen Fahrzeugprüfstand, ein auf den Fahrzeugprüfstand befindliches Kraftfahrzeug, wenigstens eine in oder an dem Fahrzeugprüfstand und/oder in oder an dem Kraftfahrzeug und/oder separat von dem Fahrzeugprüfstand und dem Kraftfahrzeug vorgesehene Signaleinheit, mit welcher wenigstens ein fahrzeugbetriebspezifisches und/oder optisches und/oder akustisches und/oder haptisches und/oder fahrsituationsbezogenes und/oder umweltbezogenes Signal ausgebbar oder anzeigbar und/oder manipulierbar ist, wenigstens eine Messeinrichtung und eine Datenerfassungs- und/oder Auswerteeinheit mit einem Bewertungsmodul für die von der Messeinrichtung erfassten Daten.

**[0015]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Fahrerassistenzsystem unter möglichst realistischen Bedingungen testen zu können. Insbesondere ist es eine Aufgabe der Erfindung, den Fahrbetrieb eines Kraftfahrzeugs mit einem solchen Fahrerassistenzsystem möglichst realitätsgetreu nachbilden zu können.

**[0016]** Diese Aufgabe wird durch die Lehre der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen werden durch die Unteransprüche definiert.

**[0017]** Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft ein Prüfstandsystem zum Testen eines Fahrerassistenzsystems mit einem akustischen Hörschall-Sensor für ein Kraftfahrzeug, wobei das Fahrerassistenzsystem eine Steuerungseinheit zur Verarbeitung von Sensorsignalen aufweist, welche eingerichtet ist, Sensorsignale von Umgebungssensoren zu verarbeiten und auf deren Grundlage das Kraftfahrzeug zu steuern, wobei wenigstens einer der Umgebungssensoren der Hörschall-Sensor, eingerichtet zum Erfassen von Hörschall, ist, und wobei das Prüfstandsystem aufweist:

- einen Prüfstand, welcher in der Weise eingerichtet ist, dass das Fahrerassistenzsystem, insbesondere zusammen mit einem Antriebsstrang für das Kraftfahrzeug, auf dem Prüfstand betrieben werden kann;
- eine Simulationseinrichtung, eingerichtet zum Simulieren einer Umgebung des Kraftfahrzeugs, wobei die simulierte Umgebung eine akustische Hörschall-Umgebung umfasst; und
- eine erste Schnittstelle zum Bereitstellen der simulierten Umgebung samt akustischer Hörschall-Umgebung an das Fahrerassistenzsystem.

**[0018]** Vorzugsweise ist die erste Schnittstelle eingerichtet, die simulierte Umgebung samt akustischer Hörschall-Umgebung aus der Perspektive der jeweiligen Umgebungssensoren abzubilden. Vorzugsweise ist der Prüfstand als Hardware-in-the-Loop-Prüfstand, als Antriebsstrangprüfstand oder als Fahrzeugprüfstand ausgebildet.

**[0019]** Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft eine Messanordnung mit einem Prüfstand, auf welchem ein Fahrzeug mit einem Fahrerassistenzsystem angeordnet ist, wobei das Fahrerassistenzsystem eine Steuerungseinheit zur Verarbeitung von Sensorsignalen aufweist, welche eingerichtet ist, Sensorsignale von Umgebungssensoren zu verarbeiten und auf deren Grundlage das Fahrzeug zu steuern, wobei wenigstens einer der Umgebungssensoren ein akustischer Hörschall-Sensor, eingerichtet zum Erfassen von Hörschall, ist.

**[0020]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Testen eines Fahrerassistenzsystems mit einem akustischen Hörschall-Sensor für ein Kraftfahrzeug, wobei das Fahrerassistenzsystem eingerichtet ist, Sensorsignale von Umgebungssensoren zu verarbeiten und auf deren Grundlage das Fahrzeug zu steuern, wobei wenigstens einer der Umgebungssensoren der Hörschall-Sensor, eingerichtet zum Erfassen von Hörschall, ist, die folgenden Arbeitsschritte aufweisend:

- Simulieren einer Umgebung des Kraftfahrzeugs, wobei die simulierte Umgebung eine akustische Hörschall-Umgebung umfasst;
- Erzeugen eines Datenstroms, welcher die simulierte Umgebung samt akustischer Hörschall-Umgebung aus der Perspektive der jeweiligen Umgebungssensoren abbildet; und
- Ausgeben des Datenstroms an das Fahrerassistenzsystem.

**[0021]** Weitere Aspekte der Erfindung betreffen ein Computerprogramm, das Anweisungen umfasst, welche, wenn sie von einem Computer ausgeführt werden, diesen dazu veranlassen, die Schritte eines Verfahrens gemäß dem vierten Aspekt der Erfindung auszuführen, sowie über ein computerlesbares Medium, auf dem ein solches Computerprogramm gespeichert ist.

**[0022]** Ein Hörschall im Sinne der Erfindung ist der für Menschen wahrnehmbare Schall, insbesondere in einem Spektrum von 16 Hz bis 20 kHz.

**[0023]** Ein Hörschall-Sensor im Sinne der Erfindung ist vorzugsweise ein Mikrofon und ist weiter vorzugsweise für stereofonische Aufnahmen geeignet.

**[0024]** Ein Labeln im Sinne der Erfindung ist vorzugsweise ein Zuordnen von Geräuschquellen zu einem jeweiligen charakteristischen Geräusch, welche als Objektdaten zu den Sensordaten hinterlegt werden.

**[0025]** Die Erfindung beruht auf der Annahme, dass zukünftige Fahrerassistenzsysteme nicht nur die visuelle Umgebung eines Kraftfahrzeugs zur Steuerung des Kraftfahrzeugs berücksichtigen, sowie Daten der räumlichen Umgebung, welche mittels Kamera-, Radar-, Lidar- und Ultraschallsensoren gewonnen werden, sondern auch Informationen, welche durch Hörschall vermittelt werden.

**[0026]** Meist sind solche Hörschall-Informationen nicht unmittelbar für das Führen eines Kraftfahrzeugs notwendig, sondern geben Aufschluss über zukünftige Ereignisse. So kündigt ein Martinshorn an, dass in kurzer Zeit mit dem Auftreten eines Einsatzfahrzeugs gerechnet werden muss.

**[0027]** Auch ein Reifenquietschen, je nach Herkunftsrichtung, kann eine zukünftige Beeinträchtigung der Fahrbahn des Kraftfahrzeugs ankündigen.

**[0028]** Die Erfassung und echtzeitnahe Auswertung von akustischen Umfeldsignalen werden voraussichtlich in Zukunft daher eine wichtige Funktion in zuverlässigen hochautomatisierten Fahrzeugen darstellen.

**[0029]** Wie einleitend erläutert, kommt eine Berücksichtigung der Hörschall-Umgebung als weitere Eingangsgröße bei der Steuerung durch das Fahrerassistenzsystem hinzu. Auch dieser weiter zu berücksichtigende Parameter erhöht die Anforderungen an die Quantität der abzuleistenden Testkilometer zum Testen des Fahrerassistenzsystems.

**[0030]** Der Ansatz der Erfindung besteht darin, ein Prüfstandsystem für ein Fahrerassistenzsystem mit Hörschall-Sensor bereitzustellen, welches sowohl einen Prüfstand aufweist, der eingerichtet ist, um einen Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs zu betreiben, als auch eine Simulationseinrichtung, welche eingerichtet ist, die Umgebung des Kraftfahrzeugs samt akustischer Hörschall-Umgebung zu simulieren, wie auch eine erste Schnittstelle zum Bereitstellen der simulierten Umgebung samt akustischer Hörschall-Umgebung an das Fahrerassistenzsystem.

**[0031]** Durch das Vorsehen des Prüfstands, auf welchem der Antriebsstrang betrieben wird, sowie die Schnittstelle zum Bereitstellen der Hörschall-Umgebung kann ein Fahrerassistenzsystem mit Hörschall-Sensoren besonders zuverlässig und realitätsnah getestet werden. Insbesondere kann ein Fahrbetrieb des Kraftfahrzeugs auf diese Weise besonders realitätsnah abgebildet werden.

**[0032]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Prüfstandsystems ist die Simulationseinrichtung eingerichtet, eine Bewegung des Fahrzeugs in der simulierten Umgebung nachzuverfolgen und die Umgebung samt der akustischen Hörschall-Umgebung entsprechend anzupassen. Durch die Berücksichtigung der Bewegung des Fahrzeugs in der simulierten Umgebung kann eine besonders realitätsnahe Abbildung der Umgebung erreicht werden.

**[0033]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Prüfstandsystems ist die erste Schnittstelle eine Stimulationseinrichtung, welche eingerichtet ist, Umgebungssensoren zu stimulieren, und wenigstens zwei Schallwandler für Hörschall aufweist, des Weiteren eingerichtet, mittels der wenigstens zwei Schallwandler einen Raumklang zu erzeugen, welcher die simulierte akustische Umgebung auf dem Fahrzeugprüfstand um das Kraftfahrzeug herum wiedergibt.

**[0034]** Vorzugsweise ist eine solche Stimulationseinrichtung ein Mono-Lautsprecher oder mehrere Stereo- oder Surround-Lautsprecher.

**[0035]** Ist nur ein Lautsprecher vorhanden, kann nur festgestellt werden, ob beispielsweise eine Sirene oder eine Hupe tönt oder nicht. Sind mehr als ein Lautsprecher vorhanden, so kann des Weiteren das Fahrerassistenzsystem daraufhin getestet werden, ob es die jeweilige Richtung der Schallquelle sowie gegebenenfalls deren Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung bestimmen kann.

**[0036]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die erste Schnittstelle daher eingerichtet, die simulierte Umgebung samt akustischer Hörschall-Umgebung aus der Perspektive der jeweiligen Umgebungssensoren abzubilden. Hierdurch kann eine besonders realitätsnahe Nachbildung der Hörschall-Umgebung an den Umgebungssensoren des Kraftfahrzeugs erzeugt werden.

**[0037]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Prüfstandsystems ist die erste Schnittstelle eine Datenschnittstelle, welche eingerichtet ist, dem Fahrerassistenzsystem, insbesondere der Software des Hörschall-Sensors, die simulierte Umgebung als Signal, insbesondere als Ausgangssignal des Hörschall-Sensors, oder Datenstrom bereitzustellen.

**[0038]** Die jeweilige gewählte Schnittstelle richtet sich dabei nach den Komponenten des Fahrerassistenzsystems, welche getestet werden sollen. Hierbei kann beispielsweise vorgesehen sein, dass nur die Software des Hörschall-Sensors oder nur das Fahrerassistenzsystem selbst unter Ausblendung der Hard- und Software des Hörschall-Sensors getestet werden soll.

**[0039]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist das Prüfstandssystem eine zweite Datenschnittstelle auf, welche eingerichtet ist, Objektdaten oder eine sogenannte Ground-Truth zu der simulierten Umgebung bereitzustellen.

**[0040]** Durch das Bereitstellen von Objektdaten und/oder einer Ground-Truth kann eine von dem Fahrerassistenzsystem ermittelte Umgebung mit der ursprünglich simulierten Umgebung als Referenzgröße abgeglichen werden.

**[0041]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird der Datenstrom in der Weise ausgegeben, dass der Hörschall-Sensor auf der Grundlage des Datenstroms Sensordaten erzeugen kann, welche dann an das Fahrerassistenzsystem ausgegeben werden.

**[0042]** Auf diese Weise kann das Fahrerassistenzsystem zusammen mit dem dazugehörigen Hörschall-Sensor getestet werden.

**[0043]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird der Datenstrom als Raumklang ausgegeben, welcher die simulierte akustische Umgebung auf dem Kraftfahrzeugprüfstand um das Kraftfahrzeug herum wiedergibt.

**[0044]** Wie oben bereits erläutert, erlaubt ein Raumklang eine besonders realistische Wiedergabe der Umgebung.

**[0045]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist das Verfahren die folgenden Arbeitsschritte auf:

- Überwachen einer Aktivität des Fahrerassistenzsystems; und
- Anpassen des Simulierens der Umgebung des Kraftfahrzeugs auf der Grundlage einer detektierten Aktivität.

**[0046]** Hierdurch ergibt sich wiederum eine Veränderung der Schallemission. Insbesondere verändern sich Übertragungswege. Auch Schallquellen können sich ändern, so kann beispielsweise eine Person anfangs "schreien" anstatt zu "sprechen". Des Weiteren kann der Doppler-Effekt berücksichtigt werden. Auch der Informationsgehalt der Schallemission kann sich ändern, beispielsweise bei einem Notruf einer Person.

**[0047]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist das Verfahren des Weiteren folgenden Arbeitsschritt auf:

- Verschlechtern, insbesondere Verzerren, eines Datenstroms, insbesondere jenes Teils, welcher die akustische Hörschall-Umgebung aus der Perspektive der jeweiligen Umgebungssensoren abbildet,

wobei vorzugsweise Witterungsbedingungen und/oder Mängel der Hardware des jeweiligen Umgebungssensors berücksichtigt werden.

**[0048]** Durch das Verschlechtern des Datenstroms kann eine Datenverarbeitungssoftware des Hörschall-Sensors und auch des Fahrerassistenzsystems getestet werden, insbesondere deren

Fähigkeit, mit verschlechterten Sensordaten umzugehen.

**[0049]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist das Verfahren des Weiteren den weiteren Arbeitsschritt auf:

- Betreiben eines Antriebsstrangs für das Kraftfahrzeugs auf der Grundlage der simulierten Umgebung.

**[0050]** Durch den Betrieb des Antriebsstrangs kann die Nachbildung der Realität noch realitätsgetreuer am Prüfstand erfolgen.

**[0051]** Eine nicht beanspruchte Möglichkeit zum Erzeugen von Sensordaten einer Umgebung betrifft beispielsweise ein Messfahrzeug zum Erzeugen von Sensordaten einer Umgebung des Messfahrzeugs, wobei die Umgebung eine akustische Hörschall-Umgebung umfasst, aufweisend:

- Umgebungssensoren, wobei wenigstens einer der Umgebungssensoren ein Hörschall-Sensor ist; und
- eine Datenverarbeitungseinheit zur Verarbeitung von Sensorsignalen, welche eingerichtet ist, Sensorsignale der Umgebungssensoren zu verarbeiten;
- einen Datenspeicher, eingerichtet, um Sensordaten, insbesondere mit einer Frequenz von wenigstens 10 kHz, insbesondere etwa 44,1 kHz oder 48 kHz, aufzuzeichnen;

wobei die Datenverarbeitungseinheit des Weiteren eingerichtet ist, die Sensordaten des wenigstens einen Hörschall-Sensors mit den Sensordaten der übrigen Umgebungssensoren zu synchronisieren.

**[0052]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Messfahrzeugs ist eine Datenverarbeitungseinheit des Weiteren eingerichtet, charakteristische Geräusche aus den Sensordaten des wenigstens einen Hörschall-Sensors zu ermitteln und deren akustische Quelle zu erkennen und die charakteristischen Geräusche entsprechend zu labeln.

**[0053]** Hierdurch können in realen Testfahrten aufgenommene Daten in Bezug auf eine Hörschall-Umgebung identifiziert werden und die Daten zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Prüfstandsystem aufbereitet werden.

**[0054]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Messfahrzeugs ist die Datenverarbeitungseinheit des Weiteren eingerichtet, die Sensordaten des wenigstens einen Hörschall-Sensors zu filtern, um Störgeräusche, insbesondere Windgeräusche, vorzugsweise bis zu einer Messgeschwindigkeit von etwa 50km/h, zu entfernen.

**[0055]** Auf diese Weise kann eine Hörschall-Umgebung, welche durch das Messfahrzeug aufgezeichnet ist, unabhängig von der aufgezeichneten Fahrsituation, auf weitere Fahrsituationen angewendet werden.

**[0056]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Messfahrzeugs ist die Datenverarbeitungseinheit des Weiteren eingerichtet, um eine Entfernung einer akustischen Quelle, die Richtung in Bezug auf das Messfahrzeug, aus welcher die charakteristischen Geräusche kommen, und/oder eine Differenzgeschwindigkeit der akustischen Quelle zu dem Messfahrzeug zu ermitteln und in den Sensordaten aufzuzeichnen.

**[0057]** Auf diese Weise können die aufgezeichneten Sensordaten mit einer Ground-Truth in Bezug auf die Bewegungsrichtungen und Geschwindigkeiten von akustischen Quellen versehen werden.

**[0058]** Es zeigen wenigstens teilweise schematisch:

**[0059]** Figur 1: ein Ausführungsbeispiel eines Prüfstandsystems zum Testen eines Fahrerassistenzsystems sowie eine Messanordnung aus dem Prüfstandsystem mit einem Kraftfahrzeug;

**[0060]** Figur 2: ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum Testen eines Fahrerassistenzsystems; und

**[0061]** Figur 3: eine nicht beanspruchte Möglichkeit zum Erzeugen von Sensordaten einer Umgebung mittels eines Messfahrzeugs.

**[0062]** Figur 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines Prüfstandsystems 1 zum Testen eines Fahrerassistenzsystems 10 mit einem akustischen Hörschall-Sensor 23a für ein Kraftfahrzeug 20, wobei das Prüfstandsystem 1 in der Darstellung Teil einer Messanordnung 40 ist, welche des Weiteren das Kraftfahrzeug 20 umfasst.

**[0063]** Das Prüfstandsystem 1 weist vorzugsweise eine Datenverarbeitungseinrichtung 7 auf. Die Datenverarbeitungseinrichtung 7 weist wiederum vorzugsweise eine Simulationseinrichtung 2 auf, welche eingerichtet ist, eine Umgebung des Kraftfahrzeugs zu simulieren. Eine solche simulierte Umgebung umfasst wenigstens eine akustische Hörschall-Umgebung um das Kraftfahrzeug 20.

**[0064]** Zum Testen des Fahrerassistenzsystems 10 ist das Kraftfahrzeug 20 auf einem Prüfstand 5 angeordnet und vorzugsweise fixiert. Der Prüfstand 5 ist vorzugsweise ein Antriebstrang- oder Fahrzeugprüfstand und weist wenigstens zwei Dynamometer 6c, 6d auf, um an einem Antriebsstrang 21 des Kraftfahrzeugs 20 einen Fahrbetrieb zu simulieren.

**[0065]** Des Weiteren weist der Prüfstand 5 vorzugsweise Lenkaktoren 8a, 8b auf, um ein Einlenken des Fahrzeugs 20 in einem simulierten Fahrbetrieb nachzubilden. Des Weiteren vorzugsweise sind auch nicht-angetriebene Achsen des Fahrzeugs durch Dynamometer 6a, 6b betrieben.

**[0066]** Um die simulierte Hörschall-Umgebung des Kraftfahrzeugs 20 auf dem Prüfstand 5 ausgeben zu können, weist dieser vorzugsweise Lautsprecher 3a, 3b auf, welche eingerichtet sind, um Hörschall auszugeben. Des Weiteren weist der Prüfstand 5 vorzugsweise weitere Schnittstellen auf, um weitere Sensoren des Fahrzeugs mit Daten versorgen zu können oder zu stimulieren. Insbesondere ist vorzugsweise eine Anzeige vorhanden, welche eingerichtet ist, um eine Kamera 23c (nicht dargestellt) des Fahrerassistenzsystems 10 zu stimulieren.

**[0067]** Das Kraftfahrzeug 20 weist wenigstens den Antriebsstrang 21 sowie ein Fahrerassistenzsystem 10 auf, welches eine Steuerungseinheit 11 zur Verarbeitung von Sensorsignalen umfasst. Weiter vorzugsweise weist das Kraftfahrzeug 20 des weiteren Umgebungssensoren 23a, 23b, 23c auf, welche eingerichtet sind, um das simulierte Umfeld um das Kraftfahrzeug 20 wahrzunehmen. Insbesondere weist das Kraftfahrzeug 20 vorzugsweise ein Mikrofon 23a zur Hörschall-Erfassung auf.

**[0068]** Die einzelnen Einrichtungen des Prüfstands 5 werden vorzugsweise von der Datenverarbeitungseinrichtung 7, welche vorzugsweise eine Prüfstandsteuerung umfasst, gesteuert. Weiter vorzugsweise weist die Datenverarbeitungseinrichtung 7 eine Datenschnittstelle 9 auf, welche eingerichtet ist, Betriebsdaten des Kraftfahrzeugs 20 auszulesen, insbesondere in Bezug auf eine Aktivität des Fahrerassistenzsystems 10.

**[0069]** Vorzugsweise weist die Datenverarbeitungseinrichtung 7 des Weiteren eine zweite Schnittstelle 4 auf, welche eingerichtet ist, Objektdaten und/oder eine sogenannte Ground-Truth der simulierten Umgebung einzulesen. Die von dem Fahrerassistenzsystem 10 erfasste Umgebung kann mit dieser Ground-Truth verglichen werden. Auf diese Weise kann eine Qualität der von dem Fahrerassistenzsystem 10 erfassten Umgebung, insbesondere eine Hörschall-Umgebung, beurteilt werden.

**[0070]** Alternativ zu den Lautsprechern 3a, 3b kann die erste Schnittstelle auch als Datenschnittstelle ausgebildet sein. In diesem Fall können einer Software des Hörschall-Sensors, insbesondere einer Software zur Verarbeitung von Sensorsignalen, Umgebungsdaten direkt bereitgestellt werden.

**[0071]** Alternativ kann auch dem Fahrerassistenzsystem 10 direkt ein simuliertes Aussendungs-signal eines Hörschall-Sensors bereitgestellt werden. Je nachdem, an welche Vorrichtung das

simulierte Signal ausgegeben wird, können entsprechende Komponenten geprüft werden.

**[0072]** Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zum Testen eines Fahrerassistenzsystems 10 mit einem akustischen Hörschall-Sensor. Vorzugsweise wird das Verfahren 100 von einem Prüfstandsystem 1 gemäß Figur 1 ausgeführt.

**[0073]** Das Verfahren 100 weist dabei vorzugsweise die folgenden Arbeitsschritte auf:

- In einem ersten Arbeitsschritt 101 wird eine Umgebung des Kraftfahrzeugs 20 simuliert, wobei die simulierte Umgebung eine akustische Hörschall-Umgebung umfasst.
- In einem zweiten Arbeitsschritt 102 wird der Antriebsstrang 21 auf der Grundlage der simulierten Umgebung betrieben. Vorzugsweise ist hierfür das Kraftfahrzeug 20 auf dem Prüfstand 5 angeordnet.
- In einem dritten Arbeitsschritt 103 wird ein Datenstrom erzeugt, welcher die simulierte Umgebung samt akustischer Hörschall-Umgebung aus der Perspektive der jeweiligen Umgebungssensoren 23a, 23b, 23c abbildet.
- In einem vierten Arbeitsschritt 104 wird der Datenstrom verschlechtert, insbesondere verzerrt. Dies betrifft insbesondere jenen Teil des Datenstroms, welcher die akustische Hörschall-Umgebung aus der Perspektive der jeweiligen Hörschall-Sensoren abbildet.
- In einem fünften Arbeitsschritt 105 wird dieser Datenstrom an das Fahrerassistenzsystem 10 ausgegeben. Dabei kann der Datenstrom in der Weise ausgegeben werden, dass der Hörschall-Sensor 23a, 23b auf der Grundlage des Datenstroms Sensordaten erzeugen kann, welche dann an das Fahrerassistenzsystem 10 ausgegeben werden.

Alternativ wird der Datenstrom als Raumklang ausgegeben, welcher die simulierte akustische Umgebung auf dem Fahrzeugprüfstand 1 um das Kraftfahrzeug 20 herum wiedergibt und mittels welchem Hörschall-Sensoren 23a, 23b stimuliert werden.

- In einem sechsten Arbeitsschritt 106 wird vorzugsweise eine Aktivität des Fahrerassistenzsystems 10 überwacht. Weiter vorzugsweise wird die Simulation der Umgebung des Kraftfahrzeugs 20 auf der Grundlage der detektierten Aktivität des Fahrerassistenzsystems 10 angepasst. Eine Aktivität kann dabei durch eine Aktion des Fahrerassistenzsystems 10 gekennzeichnet sein, aber auch durch das Unterlassen einer Aktion.

**[0074]** Durch das Anpassen der Simulation der Umgebung ergibt sich wiederum eine Veränderung der Umgebung des Kraftfahrzeugs 20, insbesondere der Hörschall-Umgebung. So verändern sich beispielsweise Übertragungswege für einen emittierten Schall. Schallquellen ändern sich, je nachdem, wie das Umfeld auf eine Aktion des Fahrerassistenzsystems 10 reagiert, beispielsweise Personen auf der Fahrbahn, welche Warnrufe abgeben. Auch der Doppler-Effekt wird in Bezug auf Verschiebung im Frequenzbereich durch eine Bewegung des Kraftfahrzeugs 20 in eine bestimmte Richtung, vorzugsweise in der angepassten Simulation berücksichtigt. Auch der Informationsgehalt der Simulation ändert sich, beispielsweise wenn das Fahrerassistenzsystem 10 einen Unfall verursacht, weiter beispielsweise durch Interaktionen mit Personen.

**[0075]** Figur 3 zeigt eine nicht beanspruchte Möglichkeit zum Erzeugen von Sensordaten einer Umgebung mittels eines Messfahrzeugs 20.

**[0076]** Das Messfahrzeug 20 weist vorzugsweise einen Antriebsstrang 21 auf. Des Weiteren weist das Messfahrzeug 20 vorzugsweise Umgebungssensoren auf, insbesondere zwei Mikrofone 23a, 23b, welche zum Erfassen von Hörschall eingerichtet sind. Dabei sind vorzugsweise ein oder mehrere Mikrofone vorhanden, welche die gesamte Umgebung des Fahrzeugs in Bezug auf Hörschall überwachen können. Die Hörschall-Umgebung in Figur 3 wird insbesondere durch einen Bagger 50 gebildet, welcher Straßenarbeiten ausführt und hierbei Schall als Schallquelle emittiert.

**[0077]** Vorzugsweise kann eine Datenverarbeitungseinheit 22 des Messfahrzeugs 20 aus den von den Mikrofonen 23a, 23b gesammelten Sensordaten die Richtung und/oder die Entfernung und/oder die Art der Schallquelle 50 sowie vorzugsweise deren Geschwindigkeit und Bewegungs-

richtung bestimmen. Diese Information wird vorzugsweise in einem Datenspeicher 24 abgespeichert, welcher eingerichtet ist, um Sensordaten, insbesondere mit einer Frequenz von wenigstens etwa 10 kHz aufzuzeichnen. Vorzugsweise ist die Datenverarbeitungseinheit 22 des Weiteren eingerichtet, um die Sensordaten des wenigstens einen Mikrofons 23a, 23b mit den Sensordaten übriger Umgebungssensoren zu synchronisieren.

**[0078]** Solch ein weiterer Umgebungssensor ist beispielsweise eine Kamera 23c, welche das visuelle Umfeld, insbesondere in Fahrtrichtung des Fahrzeugs 20, erfasst.

**[0079]** Weiter vorzugsweise ist die Datenverarbeitungseinheit 22 des Messfahrzeugs 20 eingerichtet, um charakteristische Geräusche aus den Sensordaten des wenigstens einen Hörschallsensors 23a, 23b zu ermitteln und deren akustische Quelle 50 zu erkennen und charakteristischen Geräusche entsprechend zu labeln.

**[0080]** Beispielsweise können anhand der Frequenzspektren Sirenen von Einsatzfahrzeugen, Hupen, Signale rückwärtsfahrender LKW und Fahrradklingeln erkannt werden. Vorzugsweise werden akustische Quellen gemäß ihrer allgemeinen Relevanz für den Fahrbetrieb eines Kraftfahrzeugs priorisiert. Beispielsweise werden Sirenen von Rettungsfahrzeugen und Hupen höher priorisiert als rückwärtsfahrende LKW oder Fahrradklingeln.

**[0081]** Vorzugsweise ist die Datenverarbeitungseinheit 22 des Weiteren eingerichtet, um die Sensordaten des wenigstens einen Mikrofons 23a, 23b zu filtern, um Störgeräusche, insbesondere Windgeräusche zu entfernen.

**[0082]** Es wird darauf hingewiesen, dass es sich bei den Ausführungsbeispielen lediglich um Beispiele handelt, die den Schutzbereich, die Anwendung und den Aufbau in keiner Weise einschränken sollen. Vielmehr wird dem Fachmann durch die vorausgehende Beschreibung ein Leitfaden für die Umsetzung mindestens eines Ausführungsbeispiels gegeben, wobei diverse Änderungen, insbesondere im Hinblick auf die Funktion und Anordnung der beschriebenen Bestandteile, vorgenommen werden können, auch ohne den Schutzbereich zu verlassen, wie er sich aus den Ansprüchen und diesen äquivalenten Merkmalskombinationen ergibt.

## BEZUGSZEICHENLISTE

1	Prüfstandssystem
2	Simulationseinrichtung
3a, 3b	erste Schnittstelle
4	zweite Schnittstelle
5	Prüfstand
6a, 6b, 6c, 6d	Dynamometer
7	Datenverarbeitungseinrichtung
8a, 8b	Lenkaktor
10	Fahrerassistenzsystem
11	Steuerungseinheit
20	Kraftfahrzeug
21	Antriebsstrang
22	Datenverarbeitungseinheit
23a, 23b, 23c	Sensoren
24	Datenspeicher
40	Messanordnung
50	Schallquelle

## Patentansprüche

1. Prüfstandssystem (1) zum Testen eines Fahrerassistenzsystems (10) mit einem akustischen Hörschall-Sensor für ein Kraftfahrzeug (20),  
wobei das Fahrerassistenzsystem (10) eine Steuerungseinheit (11) zur Verarbeitung von Sensorsignalen aufweist, welche eingerichtet ist, Sensorsignale von Umgebungssensoren (23a, 23b, 23c) zu verarbeiten und auf deren Grundlage das Kraftfahrzeug (20) zu steuern, wobei wenigstens einer der Umgebungssensoren (23a, 23b, 23c) der Hörschall-Sensor, eingerichtet zum Erfassen von Hörschall, ist, und  
wobei das Prüfstandssystem (1) aufweist:  
einen Prüfstand (5), welcher in der Weise eingerichtet ist, dass das Fahrerassistenzsystem, insbesondere zusammen mit einem Antriebsstrang (21) für das Kraftfahrzeug (20), auf dem Prüfstand (5) betrieben werden kann;  
eine Simulationseinrichtung (2), eingerichtet zum Simulieren einer Umgebung des Kraftfahrzeugs (20), wobei die simulierte Umgebung eine akustische Hörschall-Umgebung umfasst; und  
eine erste Schnittstelle (3a, 3b) zum Bereitstellen der simulierten Umgebung samt akustischer Hörschall-Umgebung an das Fahrerassistenzsystem (10).
2. Prüfstandssystem (1) nach Anspruch 1, wobei die erste Schnittstelle (3a, 3b) eine Stimulationseinrichtung ist, welche eingerichtet ist, Umgebungssensoren zu stimulieren, und vorzugsweise wenigstens zwei Schallwandler für Hörschall aufweist, des Weiteren eingerichtet, um mittels der wenigstens zwei Schallwandler einen Raumklang zu erzeugen, welcher die simulierte akustische Umgebung auf dem Fahrzeugprüfstand um das Kraftfahrzeug (20) herum wiedergibt.
3. Prüfstandssystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Schnittstelle (3a, 3b) eine Datenschnittstelle ist, welche eingerichtet ist, dem Fahrerassistenzsystem (10), insbesondere der Software des Hörschall-Sensors, die simulierte Umgebung als Signal, insbesondere als Ausgangssignal des Hörschall-Sensors, oder Datenstrom bereitzustellen.
4. Messanordnung (40) mit einem Prüfstandssystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, auf welchem ein Kraftfahrzeug (20) mit einem Fahrerassistenzsystem (10) angeordnet ist, wobei das Fahrerassistenzsystem (10) eine Steuerungseinheit (11) zur Verarbeitung von Sensorsignalen aufweist, welche eingerichtet ist, Sensorsignale von Umgebungssensoren (23a, 23b, 23c, 23d, 23e) zu verarbeiten und auf deren Grundlage das Kraftfahrzeug (20) zu steuern, wobei wenigstens einer der Umgebungssensoren (23a, 23b, 23c, 23d, 23e) ein akustischer Hörschall-Sensor, eingerichtet zum Erfassen von Hörschall, ist.
5. Verfahren (100) zum Testen eines Fahrerassistenzsystems (10) mit einem akustischen Hörschall-Sensor für ein Kraftfahrzeug (20), wobei das Fahrerassistenzsystem (10) eingerichtet ist, Sensorsignale von Umgebungssensoren (23a, 23b, 23c, 23d, 23e) zu verarbeiten und auf deren Grundlage das Fahrzeug (20) zu steuern, wobei wenigstens einer der Umgebungssensoren (23a, 23b, 23c, 23d, 23e) der Hörschall-Sensor, eingerichtet zum Erfassen von Hörschall, ist, die folgenden Arbeitsschritte aufweisend:  
Simulieren (101) einer Umgebung des Kraftfahrzeugs (20), wobei die simulierte Umgebung eine akustische Hörschall-Umgebung umfasst;  
Erzeugen (103) eines Datenstroms, welcher die simulierte Umgebung samt akustischer Hörschall-Umgebung aus der Perspektive der jeweiligen Hörschall-Sensoren abbildet; und  
Ausgeben (105) des Datenstroms an das Fahrerassistenzsystem (10).
6. Verfahren (100) nach Anspruch 5, wobei der Datenstrom in der Weise ausgegeben wird, dass der Hörschall-Sensor (23a, 23b) auf der Grundlage des Datenstroms Sensordaten erzeugen kann, welche dann an das Fahrerassistenzsystem (10) ausgegeben werden.

7. Verfahren (100) nach Anspruch 5, wobei der Datenstrom als Raumklang ausgegeben wird, welcher die simulierte akustische Umgebung auf dem Fahrzeugprüfstand (1) um das Kraftfahrzeug (20) herum wiedergibt und mittels welchem Hörschall-Sensoren stimuliert werden.
8. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, des Weiteren die folgenden Arbeitsschritte aufweisend:  
Überwachen (106) einer Aktivität des Fahrerassistenzsystems (10); und  
Anpassen (107) des Simulierens der Umgebung des Kraftfahrzeugs (20) auf der Grundlage einer detektierten Aktivität.
9. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 8, des Weiteren den folgenden Arbeitsschritt aufweisend:  
Verschlechtern (104), insbesondere Verzerrern, des Datenstroms, insbesondere jenes Teils, welcher die akustische Hörschall-Umgebung aus der Perspektive der jeweiligen Umgebungssensoren (23a, 23b, 23c, 23d, 23e) abbildet, wobei vorzugsweise Witterungsbedingungen und/oder Mängel der Hardware des jeweiligen Umgebungssensors (23a, 23b, 23c, 23d, 23e) berücksichtigt werden.
10. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 9, des Weiteren den folgenden Arbeitsschritt aufweisend:  
Betreiben (102) eines Antriebsstrangs (21) für das Kraftfahrzeug (20) auf der Grundlage der simulierten Umgebung.
11. Computerprogramm oder Computerprogrammprodukt, wobei das Computerprogramm oder Computerprogrammprodukt, insbesondere auf einem computerlesbaren und/oder nichtflüchtigen Speichermedium gespeicherte, Anweisungen enthält, welche, wenn sie von einem Computer ausgeführt werden, den Computer dazu veranlassen, die Schritte eines Verfahrens (100) gemäß einem der Ansprüche 5 bis 10 auszuführen.

**Hierzu 3 Blatt Zeichnungen**

1/3

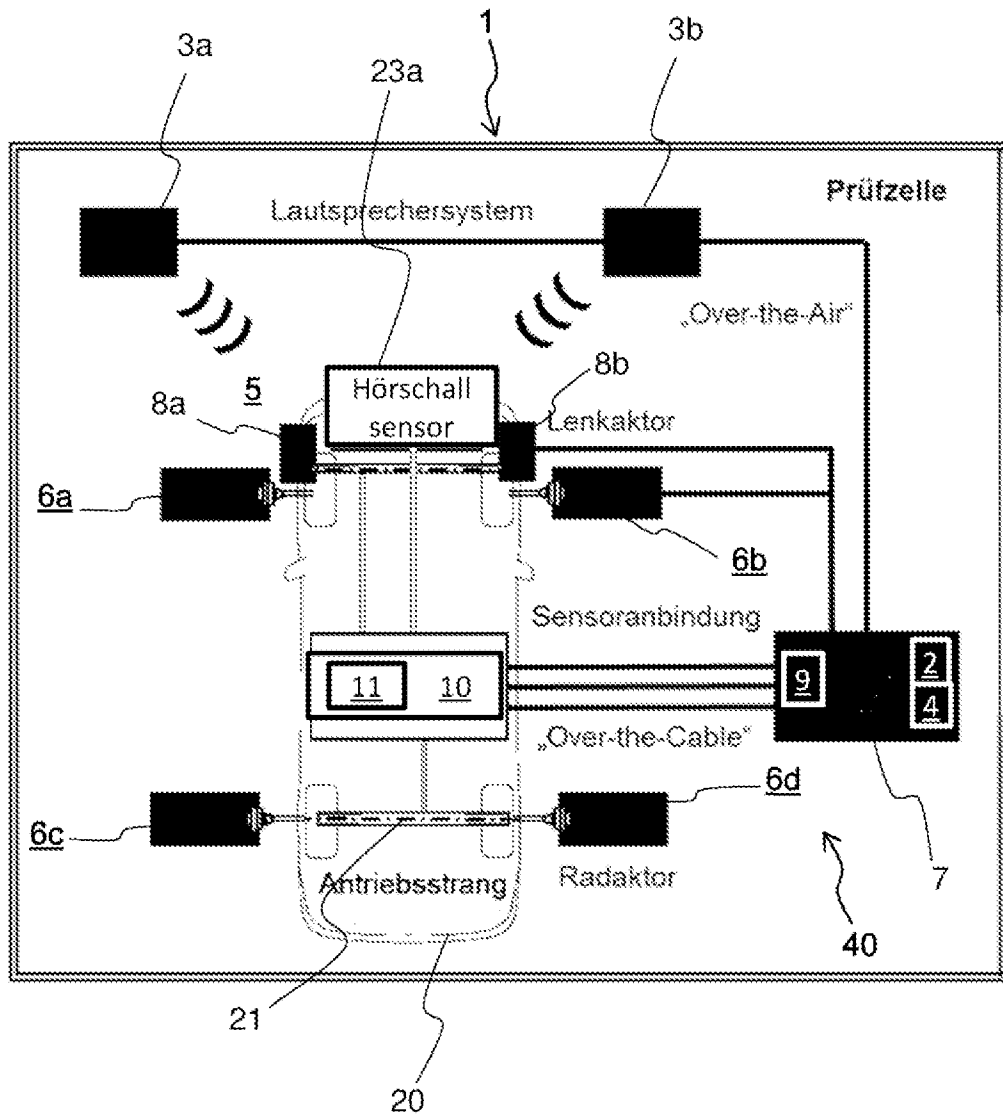
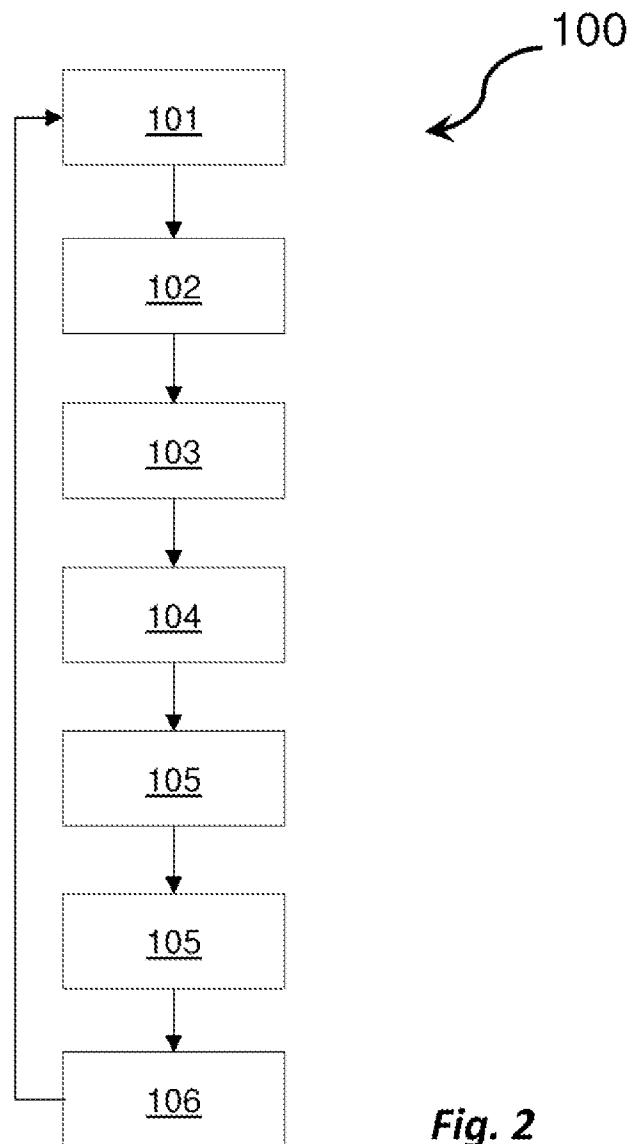


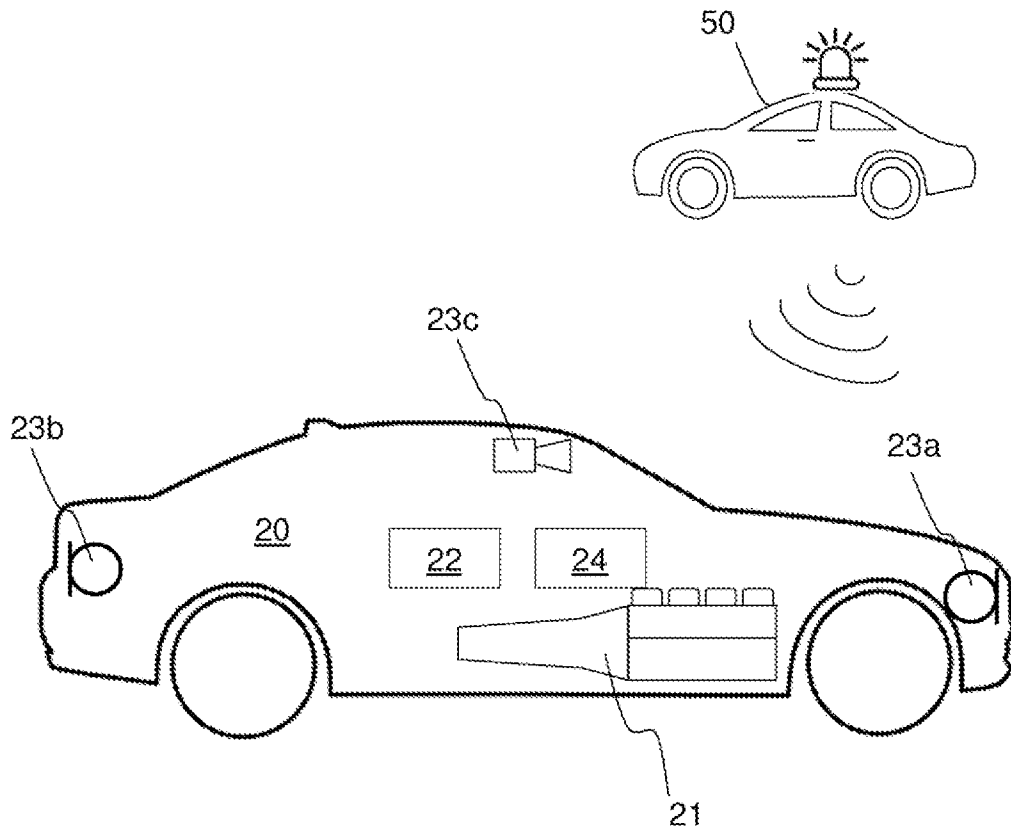
Fig. 1

2/3



**Fig. 2**

3/3



**Fig. 3**