

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht von einer Vorrichtung oder einem Verfahren nach Gattung der unabhängigen Ansprüche aus. Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein Computerprogramm.

[0002] Für Fahrzeugbewegungen kann unter anderem der Reibwert zwischen Fahrzeug und Fahrbahn von Bedeutung sein. Für eine direkte aktive Reibwertmessung in speziellen Situationen, wie beispielsweise einer Flugfeldreibwertbestimmung, können Messfahrzeuge mit Reibwertmesstechnik zum Einsatz kommen.

[0003] Die DE 10 2005 060 219 A1 beschreibt eine Abschätzung eines Reibkoeffizienten zwischen Straße und Reifen eines Kraftfahrzeuges.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Vor diesem Hintergrund werden mit dem hier vorgestellten Ansatz ein Verfahren, weiterhin eine Vorrichtung, welche dieses Verfahren verwendet, sowie schließlich ein entsprechendes Computerprogramm gemäß den Hauptansprüchen vorgestellt. Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im unabhängigen Anspruch angegebenen Vorrichtung möglich.

[0005] Gemäß Ausführungsformen kann ein Reibwert zwischen einer Fahrbahn und einem Fahrzeug insbesondere durch einen zeitfolgenbasierten statistischen Ansatz bestimmt werden. Hierbei kann der Reibwert beispielsweise unter Verwendung von Sensorikdaten bzw. Sensorsignalen als ein Schätzwert bzw. eine Wahrscheinlichkeitsverteilung von Reibwerten bestimmt werden. Hierzu können Sensorsignale insbesondere unter Verwendung eines Regressionsmodells bzw. Regressionsalgorithmus verarbeitet werden. Der Reibwert kann zum Steuern einer Fahrzeugfunktion eines Fahrzeugs verwendet werden, insbesondere einer Assistenzfunktion. Insbesondere kann eine Cloudbasierte Reibwertschätzung und -prädiktion unter Verwendung eines Regressionsmodells, insbesondere eines linearen Regressionsalgorithmus, realisiert werden.

[0006] Vorteilhafterweise kann gemäß Ausführungsformen insbesondere eine genaue und zuverlässige Einschätzung einer Reibung zwischen Fahrzeug und Fahrbahn ermöglicht werden. Hierbei können beispielsweise Daten aus einer Mehrzahl von Quellen verwendet werden und somit Schwarmwissen genutzt werden. So können insbesondere auch Auswirkungen etwaiger Sensorfehler verringert werden und Ergebnisse statistischer Auswertung für die Reib-

wertbestimmung verbessert werden. Des Weiteren kann beispielsweise ein großer Nutzerkreis angesprochen werden. Auch kann ein Einrichtungsaufwand zum Nutzen der Reibwertbestimmung gering und kostengünstig gehalten werden, insbesondere im Vergleich zu dedizierter Reibwert-Sensorik. Optional kann die Reibwertbestimmung mit anderen Connectivity-Funktionen kombiniert werden. Insbesondere kann die Reibwertbestimmung Ergebnisse über Straßenabschnitte auch für Fahrzeuge bereitstellen, die solche Straßenabschnitte noch nicht selbst befahren haben.

[0007] Es wird ein Verfahren zum Bestimmen eines Reibwerts für einen Kontakt zwischen einem Reifen eines Fahrzeugs und einer Fahrbahn vorgestellt, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

[0008] Verarbeiten von Sensorsignalen, um verarbeitete Sensorsignale zu erzeugen, wobei die Sensorsignale mindestens von zumindest einer Erfassungseinrichtung eingelesene, mit dem Reibwert korrelierbare Zustandsdaten repräsentieren, wobei die verarbeiteten Sensorsignale zumindest einen vorläufigen Reibwert repräsentieren; und Ermitteln des Reibwerts unter Verwendung der verarbeiteten Sensorsignale und eines Regressionsmodells.

[0009] Dieses Verfahren kann beispielsweise in Software oder Hardware oder in einer Mischform aus Software und Hardware beispielsweise in einer Vorrichtung oder einem Steuergerät implementiert sein. Hierbei kann der Reibwert als ein Schätzwert und zusätzlich oder alternativ als eine Wahrscheinlichkeitsverteilung einer Reibung an einer bestimmten Stelle oder Region der Fahrbahn für einen Zeitpunkt bestimmt werden. Der Reibwert und der vorläufige Reibwert können auch jeweils einen Wertebereich repräsentieren, wobei der Reibwert und der vorläufige Reibwert beispielsweise jeweils einen Mittelwert und ein Konfidenzintervall oder dergleichen repräsentieren können. Der Reibwert kann zur Verwendung für eine Ansteuerung einer Fahrzeugfunktion eines Fahrzeugs bestimmt sein, insbesondere eine Assistenzfunktion oder ein Assistenzsystem eines Fahrzeugs. Die Zustandsdaten können durch die zumindest eine Erfassungseinrichtung gewonnene, physikalische Messwerte repräsentieren. Das Verfahren kann auch einen Schritt des Einlesens der Sensorsignale von einer Schnittstelle zu der zumindest eine Erfassungseinrichtung aufweisen. Auch kann das Verfahren einen Schritt des Bereitstellens des Reibwerts in Gestalt eines Steuersignals zur Ausgabe an eine Schnittstelle zu mindestens einem Fahrzeug aufweisen. Das Regressionsmodell kann ausgebildet sein, um eine lineare Regression an dem zumindest einen vorläufigen Reibwert durchzuführen. Auch kann das Regressionsmodell einen Regressionsalgorithmus und zusätzlich oder alternativ zumin-

dest ein lineares Polynom aufweisen. Der Reibwert kann auch als ein Ergebnisreibwert bezeichnet werden. Die Sensorsignale können zu unterschiedlichen Zeitpunkten eingelesene Zustandsdaten repräsentieren. Zusätzlich oder alternativ können die Sensorsignale Zustandsdaten bezüglich eines die Fahrbahn aufweisenden Umgebungsbereichs repräsentieren.

[0010] Gemäß einer Ausführungsform können im Schritt des Ermitteln mehrere vorläufige Reibwerte für jeweils einen Zeitpunkt abhängig von Konfidenzintervallen der mehreren vorläufigen Reibwerte und zusätzlich oder alternativ unter Verwendung gewichteter Mittelwerte zu dem Reibwert aggregiert werden. Eine solche Ausführungsform bietet den Vorteil, dass unter Berücksichtigung von beispielsweise auf verschiedene Weisen berechneter vorläufiger Reibwerte ein zuverlässiger und genauer Reibwert bestimmt werden kann.

[0011] Auch kann im Schritt des Ermitteln das Regressionsmodell abhängig von aktuellen und zusätzlich oder alternativ vergangenen vorläufigen Reibwerten und zusätzlich oder alternativ unter Verwendung der Methode der kleinsten Quadrate, insbesondere bei möglicher Gewichtung der Daten, geändert werden. Eine solche Ausführungsform bietet den Vorteil, dass eine situationsgerechte Aktualisierung des Regressionsmodells ermöglicht wird, um auf sich verändernde Bedingungen zuverlässig und genau reagieren zu können. Zusätzlich ist eine Prädiktion des Reibwerts durch Extrapolation möglich, da das Regressionsmodell einen Zeitverlauf der ermittelten vorläufigen Reibwerte darstellt.

[0012] Ferner kann im Schritt des Ermitteln eine Mehrzahl von Regressionsmodellen verwendet werden. Hierbei kann für jede einer Mehrzahl von geografischen Regionen ein dediziertes Regressionsmodell der Mehrzahl von Regressionsmodellen verwendet werden. Jede geografische Region kann einen Teilabschnitt der Fahrbahn bezogen auf eine Längserstreckung der Fahrbahn aufweisen. Eine solche Ausführungsform bietet den Vorteil, dass regionale Unterschiede der Geografie berücksichtigt werden können, um den Reibwert sicher und exakt bestimmen zu können.

[0013] Zudem kann im Schritt des Ermitteln der Reibwert für eine den Umgebungsbereich aufweisende geografische Region ermittelt werden. Hierbei kann im Schritt des Ermitteln der Reibwert unter Verwendung zumindest eines Reibwertes für mindestens eine zu der geografischen Region benachbarte, weitere geografische Region ermittelt werden. Jede geografische Region kann einen Teilabschnitt der Fahrbahn bezogen auf eine Längserstreckung der Fahrbahn aufweisen. Dabei kann im Schritt des Verarbeitens jedes Sensorsignal einer geografischen Region zugeordnet werden. Eine solche Aus-

führungsform bietet den Vorteil, dass auch eine Reibwertkarte oder dergleichen mit regional zuverlässig und genau ermittelten Reibwerten generiert werden kann.

[0014] Gemäß einer Ausführungsform können im Schritt des Verarbeitens Sensorsignale verarbeitet werden, die von einem Umgebungssensor zumindest eines Fahrzeugs, einem Infrastruktursensor für den Umgebungsbereich und zusätzlich oder alternativ mindestens einem Fahrdatensensor des Fahrzeugs eingelesene Zustandsdaten repräsentieren. Zusätzlich oder alternativ können im Schritt des Verarbeitens Sensorsignale verarbeitet werden, die Umgebungsdaten für den Umgebungsbereich, Infrastrukturdaten für den Umgebungsbereich und zusätzlich oder alternativ Fahrdaten des Fahrzeugs repräsentieren. Die Umgebungsdaten können Messwerte von zumindest einem Umgebungssensor repräsentieren, wie beispielsweise Wetterdaten, insbesondere Temperatur, Regen, Schnee, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Sonneneinstrahlung etc., und zusätzlich oder alternativ Umfelddaten von einer fahrzeuginternen Umfeldsensorik, wie beispielsweise Kamera, Radar, Wärmebild, Lidar etc. Die Infrastrukturdaten können Messwerte von zumindest einem Infrastruktursensor repräsentieren, insbesondere mittels einer Straßensensorik erfasste Daten, wie beispielsweise eine Temperatur eines Fahrbahnbelags, eine Feuchte auf einer Fahrbahnoberfläche, eine Anzahl von Fahrzeugen etc. Die Fahrdaten können Messwerte von zumindest einem Fahrdatensensor repräsentieren, wie beispielsweise Inertialsensorik, Odometrie, Schlupferfassung, Sensorik eines Lenksystems und zusätzlich oder alternativ eines Assistenzsystems zumindest eines Fahrzeugs etc. Eine solche Ausführungsform bietet den Vorteil, dass vielfältige Möglichkeiten für eine Gewinnung von Zustandsdaten ausgenutzt werden können.

[0015] Es wird auch ein Verfahren zum Steuern einer Fahrzeugfunktion eines Fahrzeugs vorgestellt, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Empfangen eines Steuersignals, das unter Verwendung eines gemäß einer Ausführungsform des vorstehend genannten Verfahrens bestimmten Reibwertes erzeugt ist; und

Ansteuern der Fahrzeugfunktion unter Verwendung des empfangenen Steuersignals.

[0016] Dieses Verfahren kann beispielsweise in Software oder Hardware oder in einer Mischform aus Software und Hardware beispielsweise in einer Vorrichtung oder einem Steuergerät implementiert sein. Die Fahrzeugfunktion kann eine Assistenzfunktion eines Assistenzsystems des Fahrzeugs repräsentieren. Bei dem Fahrzeug kann es sich um ein Fahrzeug für hochautomatisiertes Fahren handeln.

[0017] Der hier vorgestellte Ansatz schafft ferner eine Vorrichtung, die ausgebildet ist, um die Schritte einer Variante eines hier vorgestellten Verfahrens in entsprechenden Einrichtungen durchzuführen, anzusteuern bzw. umzusetzen. Auch durch diese Ausführungsvariante der Erfindung in Form einer Vorrichtung kann die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe schnell und effizient gelöst werden.

[0018] Hierzu kann die Vorrichtung zumindest eine Recheneinheit zum Verarbeiten von Signalen oder Daten, zumindest eine Speichereinheit zum Speichern von Signalen oder Daten, zumindest eine Schnittstelle zu einem Sensor oder einem Aktor zum Einlesen von Sensorsignalen von dem Sensor oder zum Ausgeben von Daten- oder Steuersignalen an den Aktor und/oder zumindest eine Kommunikationsschnittstelle zum Einlesen oder Ausgeben von Daten aufweisen, die in ein Kommunikationsprotokoll eingebettet sind. Die Recheneinheit kann beispielsweise ein Signalprozessor, ein Mikrocontroller oder dergleichen sein, wobei die Speichereinheit ein Flash-Speicher, ein EEPROM oder eine magnetische Speichereinheit sein kann. Die Kommunikationsschnittstelle kann ausgebildet sein, um Daten drahtlos und/oder leitungsgebunden einzulesen oder auszugeben, wobei eine Kommunikationsschnittstelle, die leitungsgebundene Daten einlesen oder ausgeben kann, diese Daten beispielsweise elektrisch oder optisch aus einer entsprechenden Datenübertragungsleitung einlesen oder in eine entsprechende Datenübertragungsleitung ausgeben kann.

[0019] Unter einer Vorrichtung kann vorliegend ein elektrisches Gerät verstanden werden, das Sensordaten verarbeitet und in Abhängigkeit davon Steuer- und/oder Datensignale ausgibt. Die Vorrichtung kann eine Schnittstelle aufweisen, die hard- und/oder softwaremäßig ausgebildet sein kann. Bei einer hardwaremäßigen Ausbildung können die Schnittstellen beispielsweise Teil eines sogenannten System-ASICs sein, der verschiedenste Funktionen der Vorrichtung beinhaltet. Es ist jedoch auch möglich, dass die Schnittstellen eigene, integrierte Schaltkreise sind oder zumindest teilweise aus diskreten Bauelementen bestehen. Bei einer softwaremäßigen Ausbildung können die Schnittstellen Softwaremodule sein, die beispielsweise auf einem Mikrocontroller neben anderen Softwaremodulen vorhanden sind.

[0020] Von Vorteil ist auch ein Computerprogrammprodukt oder Computerprogramm mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger oder Speichermedium wie einem Halbleiterspeicher, einem Festplattenspeicher oder einem optischen Speicher gespeichert sein kann und zur Durchführung, Umsetzung und/oder Ansteuerung der Schritte des Verfahrens nach einer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen verwendet wird, insbesondere wenn das Programmprodukt oder Programm auf

einem Computer oder einer Vorrichtung ausgeführt wird.

[0021] Ausführungsbeispiele des hier vorgestellten Ansatzes sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines vernetzten Systems gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 2 eine schematische Darstellung von Teilen des Systems aus **Fig. 1**;

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Bestimmen gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Steuern gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 5 ein Ablaufdiagramm eines Bestimmungsprozesses gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer Reibwertkarte mit geografischen Regionen gemäß einem Ausführungsbeispiel; und

Fig. 7 ein Reibwert-Zeit-Diagramm gemäß einem Ausführungsbeispiel.

[0022] Bevor Ausführungsbeispiele nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren eingehender beschrieben sind, werden zunächst Hintergründe und Grundlagen von Ausführungsbeispielen kurz erläutert.

[0023] Entwicklungen im Bereich vernetzter Fahrzeuge ermöglichen beispielsweise mittels sogenannter Connectivity-Einheiten einen Austausch von Sensorik-Daten über aktuelle Fahrbahn, Geschwindigkeit, Verkehrssituation etc. Durch eine Verarbeitung solcher Daten und einen daraus resultierenden Informationsgewinn über Straßenabschnitte können beispielsweise hochautomatisiertes Fahren und prädiktive Fahrerassistenzsysteme mit einem Zugewinn an Sicherheit betrieben werden. Insbesondere können einem Fahrzeug Informationen über eine Umgebung bereitgestellt, die seitens des Fahrzeugs allein mit eigener Sensorik nicht generieren könnten.

[0024] In diesem Kontext ist auch der Reibwert eines Kontakts zwischen Straße bzw. Fahrbahn und Fahrzeug bedeutsam. In Personenkraftwagen und dergleichen sind üblicherweise keine dedizierten Reibwertensoren verbaut. Insbesondere ist es durch serverseitige Verarbeitung vieler Sensorikdaten von vielen verschiedenen Fahrzeugen, z. B. Beschleunigungssensorik, in Kombination mit Wettersensorik und straßenseitiger Sensorik, z. B. Glättesensoren, gemäß Ausführungsformen möglich, einen Reibwert für Straßenabschnitte zu bestimmen bzw. zu

schätzen. Solche Informationen über den Reibwert können dann zur weiteren Funktionsentwicklung mit dem Ziel der Erhöhung von Sicherheit und Komfort verwendet werden. Straßenreibwerte, in einer Reibwertkarte eingetragen, können zum Beispiel genutzt werden, um automatisiert Fahrzeuggeschwindigkeiten zum Beispiel vor Kurven zu setzen. So können gefährliche Situationen oder Unfälle durch Abkommen von der Fahrspur, insbesondere bei schwierigen Straßenverhältnissen wie Nässe oder Schnee, vermieden werden.

[0025] Für eine direkte aktive Reibwertmessung in speziellen Situationen, z. B. Flugfeldreibwertbestimmung, gibt es Messfahrzeuge mit Reibwertmesstechnik. Hier seien beispielsweise der sogenannte Surface Friction Tester sowie die sogenannte Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine genannt. Beide basieren auf einer Kraftmessung. Der Surface Friction Tester ist ein Fahrzeuganhänger mit drei Rädern. Das dritte Rad wird bis in den physikalischen Grenzbereich, bis zum Reifenstillstand, abgebremst. Über die dazu nötige Bremskraft bzw. das dazu nötige Bremsmoment lässt sich die Reibkraft und mit Hilfe der bekannten Normalkraft der Reibwert bestimmen. Die Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine bestimmt die Reibkraft über die Seitenkraft eines fünften, um 20 Grad zur Fahrtrichtung geneigten Rades. Der Reibwert kann wieder mit bekannter Normalkraft bestimmt werden.

[0026] In der nachfolgenden Beschreibung günstiger Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden für die in den verschiedenen Figuren dargestellten und ähnlich wirkenden Elemente gleiche oder ähnliche Bezugszeichen verwendet, wobei auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente verzichtet wird.

[0027] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines vernetzten Systems **100** gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das System **100** ist ausgebildet, um einen Reibwert für Straßenverkehr zu bestimmen und verwendbar zu machen. Mindestens weist das System **100** hierzu eine erste Vorrichtung **110** und eine zweite Vorrichtung **120** auf. Ferner dem System **100** zugehörig und/oder zugeordnet sind lediglich beispielhaft vier Fahrzeuge **102**, Fahrzeugsensoren **104** in Gestalt von Fahrdatensensoren und/oder fahrzeuggebundenen Umgebungssensoren, beispielhaft lediglich ein Umgebungssensor **106**, beispielhaft lediglich ein Infrastruktursensor **108** sowie eine Server-Einrichtung **130**, ein sogenanntes Server-Backend **130**, eine Datenwolke **130** bzw. eine sogenannte Cloud **130**. Eine signalübertragungsfähige Vernetzung innerhalb des Systems **100** kann beispielsweise über Funk oder eine andere Datenübertragungsart realisiert sein.

[0028] Dabei ist die erste Vorrichtung **110** als ein Teil der Server-Einrichtung **130** realisiert. Die zweite Vorrichtung **120** ist aus Darstellungsgründen in Fig. 1 lediglich beispielhaft in einem der Fahrzeuge **102** angeordnet, das hier als ein Empfängerfahrzeug **102** bezeichnet werden kann. Die Fahrdatensensoren **104** sind lediglich beispielhaft in drei der Fahrzeuge **102** angeordnet, die hier als Senderfahrzeuge **102** bezeichnet werden können. Auch das Empfängerfahrzeug **102** kann einen Fahrzeugsensor **104** aufweisen. Auch die Senderfahrzeuge **102** können jeweils eine zweite Vorrichtung **120** aufweisen.

[0029] Die erste Vorrichtung **110** ist ausgebildet, um einen Reibwert für einen Kontakt zwischen einem Reifen eines Fahrzeugs **102** und einer Fahrbahn zu bestimmen. Hierbei ist die erste Vorrichtung **110** ausgebildet, um Sensorsignale **140** von den Fahrzeugsensoren **104**, dem Umgebungssensor **106** und dem Infrastruktursensor **108** einzulesen. Die Sensorsignale **140** repräsentieren Zustandsdaten bzw. physikalische Messwerte, beispielsweise Umgebungsdaten für einen Umgebungsbereich von dem Umgebungssensor **106**, Infrastrukturdaten für den Umgebungsbereich von dem Infrastruktursensor **108** und/oder Fahrdaten und/oder Umgebungsdaten der Fahrzeuge **102** von den Fahrzeugsensoren **104**. Ferner ist die erste Vorrichtung **110** ausgebildet, um unter Verwendung der Sensorsignale **140** den Reibwert zu bestimmen und ein den Reibwert repräsentierendes oder aufweisendes Steuersignal **150** bereitzustellen oder auszugeben. Die zweite Vorrichtung **120** ist ausgebildet, um unter Verwendung des Steuersignals **150** eine Fahrzeugfunktion des Fahrzeugs **102**, hier des Empfängerfahrzeugs **102**, zu steuern.

[0030] Das System **100** ist so aufgebaut, dass viele Fahrzeuge **102** beispielsweise über ein Mobilfunknetz die Sensorsignale **140** bzw. Sensorikdaten an das Server-Backend **130** bzw. die in demselben realisierte erste Vorrichtung **110** senden. Hinzu kommen Infrastrukturdaten, beispielsweise Straßensensorikdaten, sowie Umgebungsdaten, beispielsweise Wetterdaten, die abgefragt werden können. Mittels der ersten Vorrichtung **110** werden die Sensorsignale **140** gemäß einem Ausführungsbeispiel eines linearen Regressionsmodells, welches sich ständig mit neuen Daten aktualisiert, in Zeitfolgen verarbeitet, um einen ortsabhängigen Reibwert zu aggregieren. Dieser aggregierte Reibwert kann in Form des Steuersignals **150** an weitere Fahrzeuge **102** ortsgenau weitergegeben werden, um teilnehmenden Fahrzeugen **102** so eine Information über den derzeitigen Reibwert in einer jeweiligen Region bzw. einem jeweiligen Umgebungsbereich zu geben.

[0031] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung von Teilen des Systems aus Fig. 1. Von dem System aus Fig. 1 sind hierbei in der Darstellung von Fig. 2 beispielhaft lediglich die erste Vorrichtung **110** und

das Empfängerfahrzeug **102** mit der zweiten Vorrichtung **120** und einer Fahrzeugfunktion **260** gezeigt. Bei der Fahrzeugfunktion **260** handelt es sich beispielsweise um eine Assistenzfunktion eines Assistenzsystems des Empfängerfahrzeugs **102**.

[0032] Die erste Vorrichtung **110** weist eine Verarbeitungseinrichtung **212** und eine Ermittlungseinrichtung **214** auf. Die Verarbeitungseinrichtung **212** ist ausgebildet, um die Sensorsignale **140** zu verarbeiten, um verarbeitete Sensorsignale **245** zu erzeugen. Die Sensorsignale **140** repräsentieren mindestens von zumindest einer Erfassungseinrichtung eingelesene, mit dem Reibwert korrelierbare Zustandsdaten. Die verarbeiteten Sensorsignale **245** repräsentieren zumindest einen vorläufigen Reibwert. Die Ermittlungseinrichtung **214** ist ausgebildet, um unter Verwendung der verarbeiteten Sensorsignale **245** und eines Regressionsmodells, insbesondere für lineare Regression, den Reibwert zu ermitteln. Die erste Vorrichtung **110** ist ausgebildet, um den ermittelten Reibwert in Gestalt des Steuersignals **150** auszugeben oder zur Ausgabe bereitzustellen.

[0033] Die zweite Vorrichtung **120** weist eine Empfangseinrichtung **222** und eine Ansteuereinrichtung **224** auf. Dabei ist die Empfangseinrichtung **222** ausgebildet, um das Steuersignal **150** von der ersten Vorrichtung **110** zu empfangen. Ferner ist die Empfangseinrichtung **222** ausgebildet, um ein empfangenes Steuersignal **255** an die Ansteuereinrichtung **224** auszugeben oder bereitzustellen. Die Ansteuereinrichtung **224** ist ausgebildet, um das empfangene Steuersignal **255** an die Fahrzeugfunktion **260** weiterzuleiten, um die Fahrzeugfunktion **260** unter Verwendung des empfangenen Steuersignals **255** anzusteuern.

[0034] Alternativ kann die Fahrzeugfunktion **260** direkt unter Verwendung des Steuersignals **150** ansteuerbar sein. Hierbei kann die erste Vorrichtung **110** ausgebildet sein, um ein geeignetes Ansteuersignal **150** für die Fahrzeugfunktion **260** bereitzustellen oder auszugeben. Dabei kann die zweite Vorrichtung weggelassen sein.

[0035] **Fig. 3** zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens **300** zum Bestimmen gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das Verfahren **300** ist ausführbar, um einen Reibwert für einen Kontakt zwischen einem Reifen eines Fahrzeugs und einer Fahrbahn zu bestimmen. Dabei ist das Verfahren **300** zum Bestimmen in Verbindung mit dem System aus **Fig. 1** bzw. **Fig. 2** ausführbar. Auch ist das Verfahren **300** zum Bestimmen unter Verwendung bzw. mittels der ersten Vorrichtung aus **Fig. 1** bzw. **Fig. 2** ausführbar.

[0036] In einem Schritt **310** des Verarbeitens werden bei dem Verfahren **300** zum Bestimmen Sensorsignale verarbeitet, um verarbeitete Sensorsigna-

le zu erzeugen. Die Sensorsignale repräsentieren mindestens von zumindest einer Erfassungseinrichtung eingelesene, mit dem Reibwert korrelierbare Zustandsdaten. Die verarbeiteten Sensorsignale repräsentieren dabei zumindest einen vorläufigen Reibwert. Nachfolgend wird in einem Schritt **320** des Ermitteln unter Verwendung der verarbeiteten Sensorsignale und eines Regressionsmodells der Reibwert ermittelt.

[0037] Gemäß einem Ausführungsbeispiel werden im Schritt **320** des Ermitteln mehrere vorläufige Reibwerte für jeweils einen Zeitpunkt abhängig von Konfidenzintervallen der mehreren vorläufigen Reibwerte und/oder unter Verwendung gewichteter Mittelwerte zu dem Reibwert aggregiert. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel wird im Schritt **320** des Ermitteln das Regressionsmodell abhängig von aktuellen und/oder vergangenen vorläufigen Reibwerten und/oder unter Verwendung der Methode der kleinsten Quadrate geändert. Zusätzlich oder alternativ wird gemäß einem Ausführungsbeispiel im Schritt **310** des Verarbeitens eine Mehrzahl von Regressionsmodellen verwendet. Dabei wird für jede einer Mehrzahl von geografischen Regionen ein dediziertes Regressionsmodell der Mehrzahl von Regressionsmodellen verwendet.

[0038] Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird der Reibwert im Schritt **320** des Ermitteln für eine den Umgebungsbereich aufweisende geografische Region ermittelt. Hierbei wird ferner im Schritt **320** des Ermitteln der Reibwert unter Verwendung zumindest eines bereits ermittelten Reibwertes für mindestens eine zu der geografischen Region benachbarte, weitere geografische Region ermittelt.

[0039] Das Verfahren **300** zum Bestimmen weist gemäß einem Ausführungsbeispiel auch einen Schritt **330** des Einlesens der Sensorsignale von einer Schnittstelle zu der zumindest einen Erfassungseinrichtung auf. Auch weist das Verfahren **300** zum Bestimmen optional einen Schritt **340** des Bereitstellens des Reibwerts in Gestalt eines Steuersignals zur Ausgabe an eine Schnittstelle zu mindestens einem Fahrzeug auf.

[0040] **Fig. 4** zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens **400** zum Steuern gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das Verfahren **400** ist ausführbar, um eine Fahrzeugfunktion eines Fahrzeugs zu steuern. Dabei ist das Verfahren **400** zum Steuern in Verbindung mit dem System aus **Fig. 1** bzw. **Fig. 2** ausführbar. Auch ist das Verfahren **400** zum Steuern unter Verwendung bzw. mittels der zweiten Vorrichtung aus **Fig. 1** bzw. **Fig. 2** ausführbar.

[0041] In einem Schritt **410** des Empfangens wird bei dem Verfahren **400** ein Steuersignal empfangen, das unter Verwendung eines Reibwertes erzeugt ist, der

durch Ausführen des Verfahrens zum Bestimmen aus **Fig. 3** oder eines ähnlichen Verfahrens bestimmt ist. In einem nachfolgenden Schritt **420** des Ansteuerns wird unter Verwendung des im Schritt **410** des Empfangens empfangenen Steuersignals die Fahrzeugfunktion angesteuert.

[0042] **Fig. 5** zeigt ein Ablaufdiagramm eines Bestimmungsprozesses **500** gemäß einem Ausführungsbeispiel. Der Bestimmungsprozess **500** ist im Zusammenhang mit dem Verfahren zum Bestimmen aus **Fig. 3** oder einem ähnlichen Verfahren ausführbar. Ferner ist der Bestimmungsprozess **500** in Verbindung mit dem System aus **Fig. 1** bzw. **Fig. 2**, insbesondere in Verbindung mit der ersten Vorrichtung ausführbar.

[0043] In einem Block **502** werden Sensorsignale in Gestalt von Sensorikdaten von Fahrzeugen empfangen bzw. von Fahrzeugen gesendet. In einem Block **504** werden Sensorsignale von einer straßenseitigen Sensorik bzw. von Infrastruktursensoren empfangen bzw. gesendet. In einem Block **506** nimmt die Server-Einrichtung bzw. ein Serverinterface bzw. Backend die Sensorsignale entgegen und fragt beispielsweise Wetterdaten an. In einem Block **508** stellt ein Wetterdienst als Umgebungssensor Umgebungsdaten als Sensorsignale bereit. In einem Block **510** erfolgt eine Datenvorverarbeitung, beispielsweise eine Featureset-Anpassung. In einem Block **512** werden die vorverarbeiteten Daten bzw. Time-Series-Daten unter Verwendung eines Regressionsalgorithmus zu einem Reibwert verarbeitet und Reibwerte für folgende Zeitschritte prädiziert. In einem Block **514** werden die verarbeiteten Daten an Endpunkte weitergegeben, beispielsweise an zumindest ein Fahrzeug.

[0044] Diese zu einem Reibwert verarbeiteten Daten können in Gestalt eines Steuersignals zum Beispiel genutzt werden, um beispielsweise bei einem Fahrzeug für hochautomatisiertes Fahren insbesondere sichere Kurvengeschwindigkeiten nach aktuell vorherrschendem Reibwert einzustellen.

[0045] **Fig. 6** zeigt eine schematische Darstellung einer Reibwertkarte **600** mit geografischen Regionen gemäß einem Ausführungsbeispiel. Die Reibwertkarte **600** weist lediglich beispielhaft **16** geografische Regionen **A** bis **P** auf. Für jede der geografischen Regionen **A** bis **P** der Reibwertkarte **600** ist ein Reibwert gemäß dem Verfahren zum Bestimmen aus **Fig. 3** oder einem ähnlichen Verfahren bzw. mittels der ersten Vorrichtung aus **Fig. 1** bzw. **Fig. 2** oder einer ähnlichen Vorrichtung bestimmt.

[0046] Die Reibwertkarte **600** repräsentiert eine Näherung für eine räumliche Modellierung der ortsabhängig bestimmten Reibwerte. Hierfür können verschiedene Ansätze gewählt werden. Zur Veranschaulichung ist in **Fig. 6** ein Grid-Ansatz mit quadratischen und gleich großen geografischen Regionen **A** bis **P** bzw. Bereichen gewählt. Zur Berechnung des Reibwerts wird für jede dieser geografischen Regionen **A** bis **P** ein Regressionsmodell, beispielsweise für lineare Regression, verwendet. Wird beispielsweise der Reibwert für die geografische Region **F** bestimmt, so werden gemäß einem Ausführungsbeispiel auch umliegende bzw. benachbarte geografische Regionen **610** mit in die Bestimmung einbezogen. Bezüglich der geografischen Region **F** umfassen die benachbarten geografischen Regionen **610** hierbei insbesondere die geografischen Regionen **A**, **B**, **C**, **E**, **G**, **I**, **J** und **K**. Optional können die benachbarten geografischen Regionen **710** auch mehr oder weniger als die geografischen Regionen **A**, **B**, **C**, **E**, **G**, **I**, **J** und **K** umfassen.

[0047] **Fig. 7** zeigt ein Reibwert-Zeit-Diagramm **700** gemäß einem Ausführungsbeispiel. Hierbei ist an der Abszissenachse die Zeit t aufgetragen, wobei an der Ordinatenachse der Reibwert μ aufgetragen ist. In dem Reibwert-Zeit-Diagramm **700** ist ein zeitlicher Verlauf des bei dem Verfahren zum Bestimmen aus **Fig. 3** oder einem ähnlichen Verfahren bzw. in der ersten Vorrichtung aus **Fig. 1** bzw. **Fig. 2** oder einer ähnlichen Vorrichtung verwendeten Regressionspolynoms für eine der geografischen Regionen aus **Fig. 6** veranschaulicht.

[0048] In das Reibwert-Zeit-Diagramm **700** sind eine Regressionsgerade **710**, ein erster Graph **720** und ein zweiter Graph **730** eingetragen. Die Regressionsgerade **710** repräsentiert den aus Zustandsdaten bzw. Sensorsignale repräsentierenden Datenpunkten **705** bestimmten Reibwert μ für die geografische Region. Dabei ist die Regressionsgerade **710** zwischen dem ersten Graphen **720** und dem zweiten Graphen **730** angeordnet. Der erste Graph **720** und der zweite Graph **730** begrenzen ein Konfidentenintervall **740** um die Regressionsgerade **710**. Die Regressionsgerade **710** ist bei Anwendung des bei dem Verfahren zum Bestimmen aus **Fig. 3** oder einem ähnlichen Verfahren bzw. in der ersten Vorrichtung aus **Fig. 1** bzw. **Fig. 2** oder einer ähnlichen Vorrichtung verwendeten Regressionspolynoms in einen Schätzbereich **750** auf Datenbasis und in einen Prädiktionsbereich **760** für Vorhersagen relativ zur Zeitachse einteilbar.

[0049] Unter Bezugnahme auf die vorstehend beschriebenen Figuren wird nachfolgend ein Ausführungsbeispiel im Hinblick auf die Regression noch detaillierter und mit anderen Worten erläutert.

[0049] Unter Bezugnahme auf die vorstehend beschriebenen Figuren wird nachfolgend ein Ausführungsbeispiel im Hinblick auf die Regression noch detaillierter und mit anderen Worten erläutert.

[0050] Der Reibwert μ kann mittels linearer Regression dargestellt und prädiziert werden. Es handelt sich bei dem Regressionsmodell bzw. Regressionspolynom um ein lineares Polynom, welches insbesondere mittels der Methode kleinster Quadrate, ins-

besondere mit möglicher Gewichtung, in Zeitschritten bzw. abhängig von der Zeit wiederholt oder kontinuierlich mit neuen und historischen Daten neu berechnet bzw. aktualisiert wird. So kann der Zeitverlauf des Reibwertes μ nachgebildet, ein Reibwert μ zu einem Zeitpunkt als Punkt auf der Regressionsgeraden **710** berechnet (Tiefpasswirkung) und ein Reibwert μ in der nahen Zukunft prädiziert werden. Mittels verschiedener Plausibilitätsprüfungen können auch sich schnell ändernde vorläufige Reibwerte, die nicht zur linearen Regressionskurve bzw. Regressionsgeraden **710** passen, detektiert werden und eine neue Polynomberechnung ausgelöst werden. Dieses Regressionsmodell wird auf die einzelnen Sensoreingangsdaten bzw. Sensorsignale **140** angewendet, die zuvor über physikalische oder andere Modelle in den vorläufigen Reibwert überführt wurden. Die errechneten vorläufigen Reibwerte zu einem Zeitpunkt werden dann in einem regelbasierten Ansatz abhängig von ihren Vertrauensintervallen mit der Methode des gewichteten Mittelwerts zu einem Ergebnisreibwert bzw. dem Reibwert μ aggregiert. Dieser Reibwert dient dann beispielsweise als ein Eingangswert zu einem Zeitpunkt für das Regressionsmodell. Das aggregierte Konfidenzintervall kann als Güte interpretiert und zur Gewichtung bei der Modellberechnung verwendet werden.

[0051] Als mögliche Eingangsgrößen sind von den Zustandsdaten beispielsweise Umgebungsdaten, insbesondere Wetterdaten, wie zum Beispiel Temperatur, Regen/Schnee, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Sonneneinstrahlung, etc., Infrastrukturdaten von Straßensensorik, wie zum Beispiel Temperatur des Fahrbahnbelags, Feuchte auf Straßenoberfläche, Anzahl von Fahrzeugen etc., Fahrdaten, wie zum Beispiel eine Bestimmung des ausgenutzten Reibwerts durch Inertialsensorik/Odometrie, Schlupf, etc., eine Bestimmung des ausgenutzten Reibwerts durch ein Lenksystem, eine Bestimmung des ausnutzbaren Reibwerts durch ABS- (Antiblockiersystem) oder ESP-Eingriffe (elektronisches Stabilitätspaket), Infrastrukturdaten, wie zum Beispiel eine Bestimmung des ausnutzbaren Reibwerts durch Straßensensorik, insbesondere Temperatur des Fahrbahnbelags, Feuchte auf Straßenoberfläche, Anzahl von Fahrzeugen etc., Umgebungsdaten, wie beispielsweise eine Bestimmung des ausnutzbaren Reibwerts aus Umfeldsensorik, wie beispielsweise Kamera, Radar, Wärmebild, Lidar etc., und ein Reibwert bzw. Zustand an umliegenden Orten bzw. in umliegenden geografischen Regionen verwendbar.

[0052] Der aggregierte Ergebnisreibwert bzw. Reibwert μ umfasst gemäß einem Ausführungsbeispiel wiederum ein Vertrauensintervall und den aktuell geschätzten Reibwert an einem Ort zu einem Zeitpunkt.

[0053] Zur Berechnung des Reibwerts μ wird gemäß einem Ausführungsbeispiel für jede der geogra-

fischen Regionen **A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P** für alle verfügbaren Sensorikwerte bzw. Sensorsignale **140** ein parametrisiertes Regressionsmodell mit historischen, persistierten Daten verwendet. Es kann somit auch für jede der geografischen Regionen **A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P** ein Reibwert μ unabhängig bestimmt und/oder prädiziert werden.

[0054] Umfasst ein Ausführungsbeispiel eine „und/oder“-Verknüpfung zwischen einem ersten Merkmal und einem zweiten Merkmal, so ist dies so zu lesen, dass das Ausführungsbeispiel gemäß einer Ausführungsform sowohl das erste Merkmal als auch das zweite Merkmal und gemäß einer weiteren Ausführungsform entweder nur das erste Merkmal oder nur das zweite Merkmal aufweist.

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 102005060219 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Verfahren (300) zum Bestimmen eines Reibwerts (μ) für einen Kontakt zwischen einem Reifen eines Fahrzeugs (102) und einer Fahrbahn, wobei das Verfahren (300) folgende Schritte aufweist:

Verarbeiten (310) von Sensorsignalen (140), um verarbeitete Sensorsignale (245) zu erzeugen, wobei die Sensorsignale (140) mindestens von zumindest einer Erfassungseinrichtung (104, 106; 108) eingelesene, mit dem Reibwert (μ) korrelierbare Zustandsdaten repräsentieren, wobei die verarbeiteten Sensorsignale (245) zumindest einen vorläufigen Reibwert repräsentieren; und

Ermitteln (320) des Reibwerts (μ) unter Verwendung der verarbeiteten Sensorsignale (245) und eines Regressionsmodells.

2. Verfahren (300) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt (320) des Ermitteln mehrere vorläufige Reibwerte für jeweils einen Zeitpunkt abhängig von Konfidenzintervallen der mehreren vorläufigen Reibwerte und/oder unter Verwendung gewichteter Mittelwerte zu dem Reibwert aggregiert werden.

3. Verfahren (300) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt (320) des Ermitteln das Regressionsmodell abhängig von aktuellen und/oder vergangenen vorläufigen Reibwerten und/oder unter Verwendung der Methode der kleinsten Quadrate geändert wird.

4. Verfahren (300) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt (320) des Ermitteln eine Mehrzahl von Regressionsmodellen verwendet wird, wobei für jede einer Mehrzahl von geografischen Regionen (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P) ein dediziertes Regressionsmodell der Mehrzahl von Regressionsmodellen verwendet wird.

5. Verfahren (300) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt (320) des Ermitteln der Reibwert für eine den Umgebungsbereich aufweisende geografische Region (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P) ermittelt wird, wobei im Schritt (320) des Ermitteln der Reibwert (μ) unter Verwendung zumindest eines Reibwertes für mindestens eine zu der geografischen Region (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P) benachbarte, weitere geografische Region (710) ermittelt wird.

6. Verfahren (300) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt (310) des Verarbeitens Sensorsignale (140) verarbeitet werden, die von einem Umgebungssensor (104) zumindest eines Fahrzeugs (102), einem Infrastruktursensor (108) für den Um-

gebungsbereich und/oder mindestens einem Fahrdatensensor (104) des Fahrzeugs (102) eingelesene Zustandsdaten repräsentieren und/oder Umgebungsdaten für den Umgebungsbereich, Infrastrukturdaten für den Umgebungsbereich und/oder Fahrdaten des Fahrzeugs (102) repräsentieren.

7. Verfahren (400) zum Steuern einer Fahrzeugfunktion (260) eines Fahrzeugs (102), wobei das Verfahren (400) folgende Schritte aufweist:

Empfangen (410) eines Steuersignals (150), das unter Verwendung eines nach einem Verfahren (300) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche bestimmten Reibwertes (μ) erzeugt ist; und Ansteuern (420) der Fahrzeugfunktion (260) unter Verwendung des empfangenen Steuersignals (255).

8. Vorrichtung (110; 120), die eingerichtet ist, um Schritte eines Verfahrens (300; 400) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche in entsprechenden Einheiten auszuführen und/oder anzusteuern.

9. Computerprogramm, das dazu eingerichtet ist, ein Verfahren (300; 400) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche auszuführen und/oder anzusteuern.

10. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 9 gespeichert ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

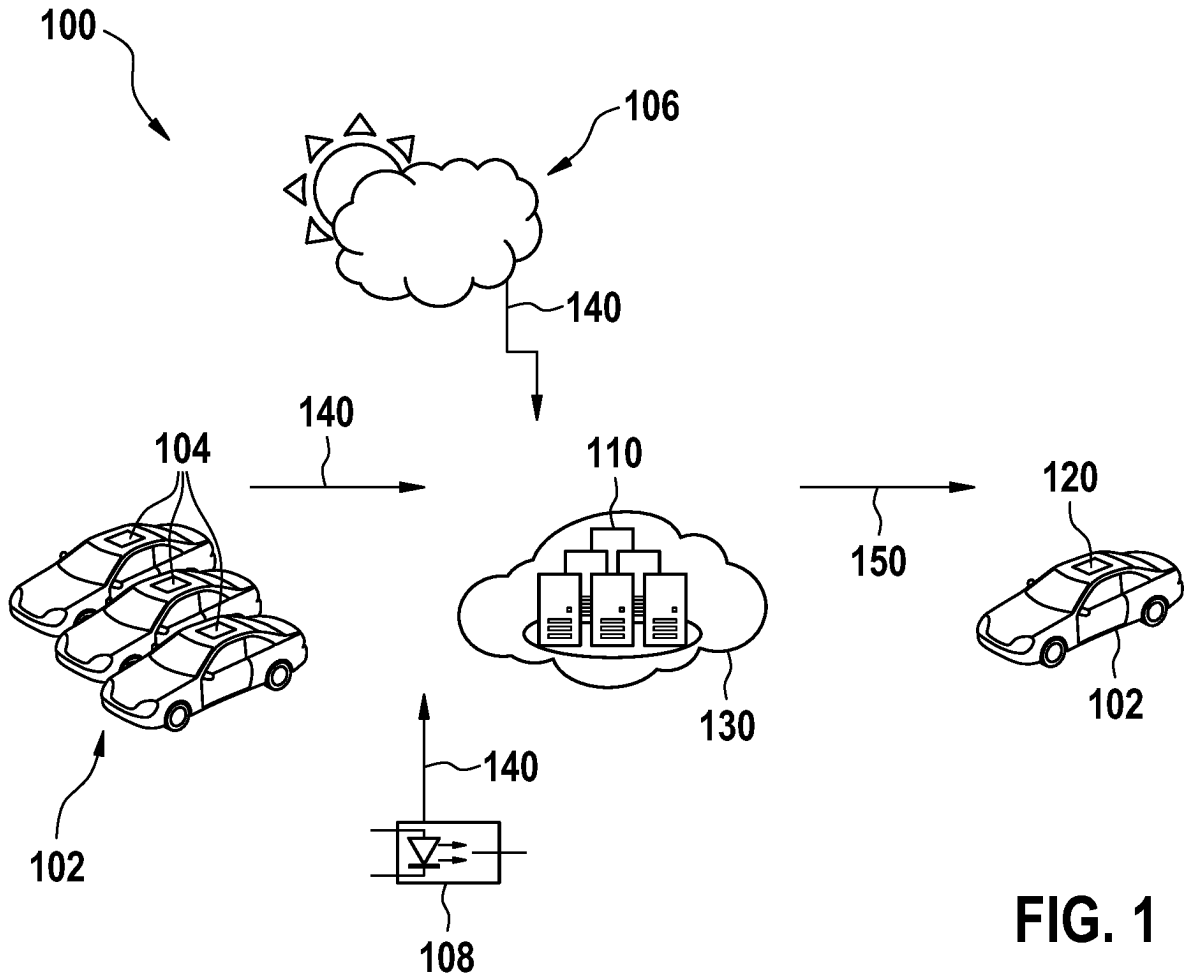


FIG. 1

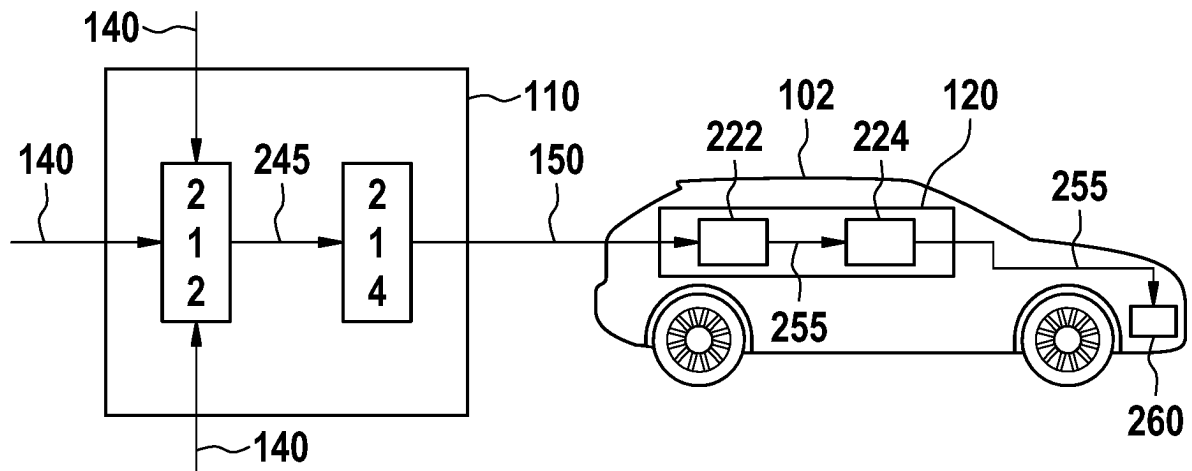


FIG. 2

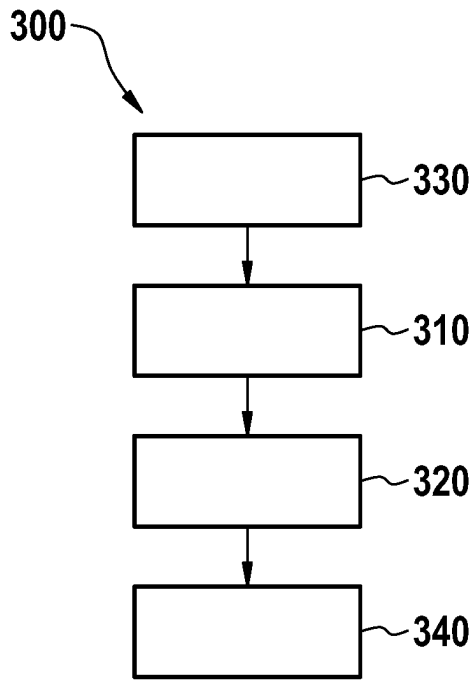


FIG. 3

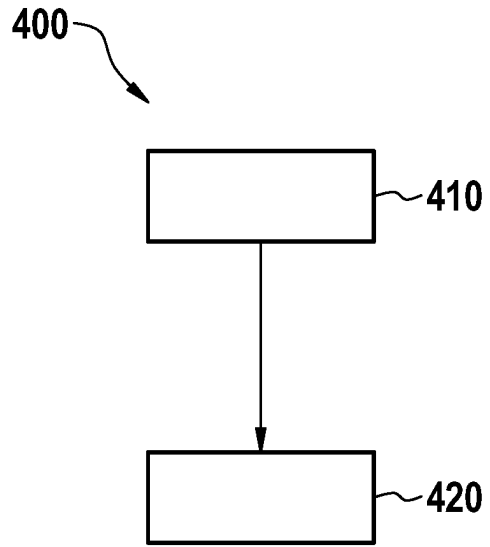


FIG. 4

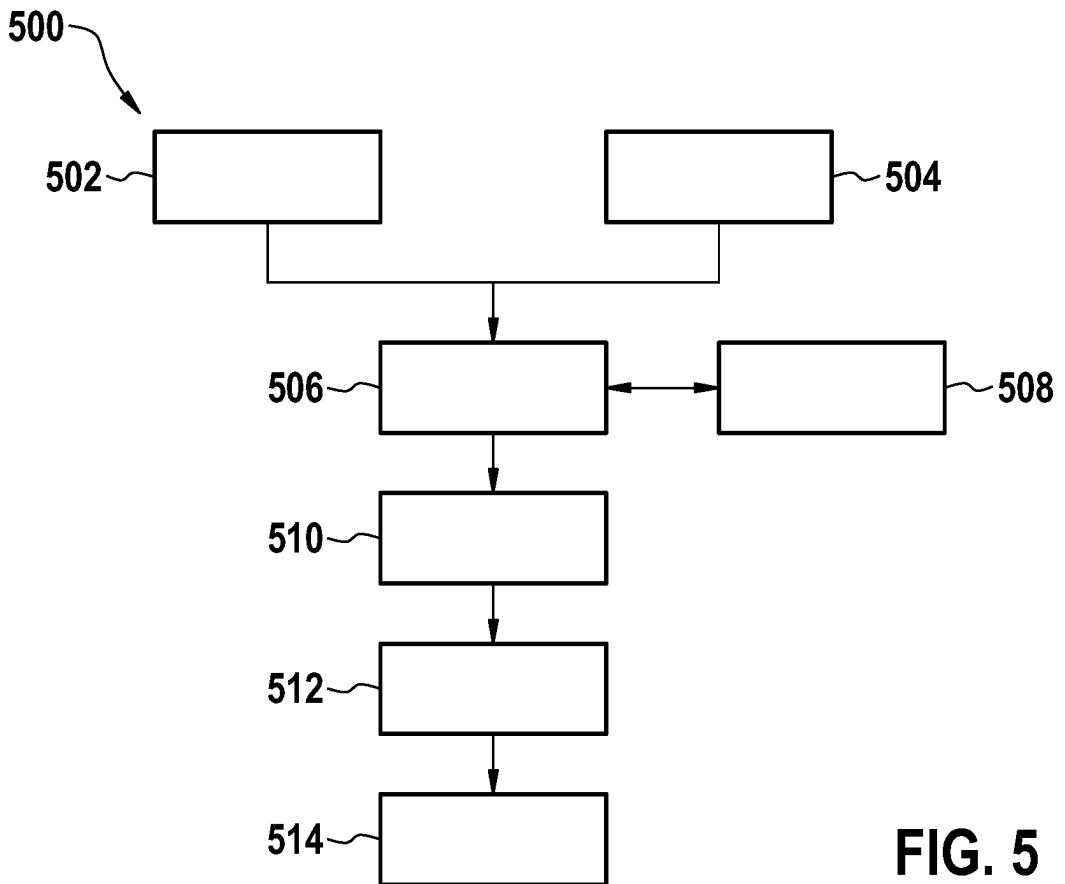


FIG. 5

