(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2020 001 535 T5** 2021.12.09

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2020/195231**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 001 535.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2020/004840**
(86) PCT-Anmeldetag: **07.02.2020**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **01.10.2020**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **09.12.2021**

(51) Int Cl.: ***B60W 40/06*** (2012.01)

(30) Unionspriorität:
2019-056506 **25.03.2019** **JP**

(71) Anmelder:
DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP

(74) Vertreter:
Winter, Brandl - Partnerschaft mbB, Patentanwälte, 85354 Freising, DE

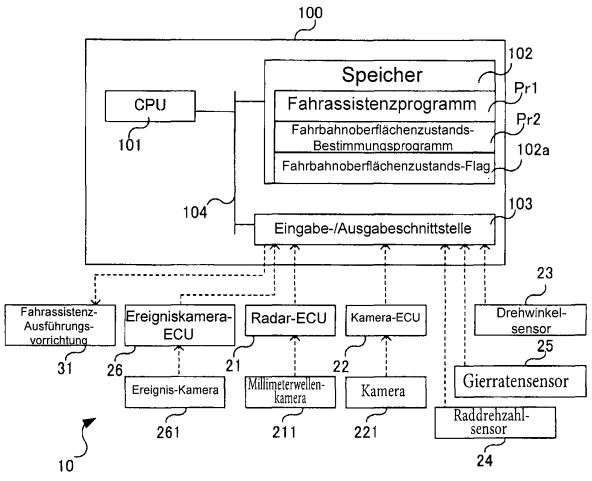
(72) Erfinder:
Yokoyama, Takahisa, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Ido, Noriyuki, Kariya-city, Aichi-pref., JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **FAHRBAHNOBERFLÄCHENZUSTANDS-BESTIMMUNGSVORRICHTUNG FÜR FAHRZEUGE, FAHRASSISTENZSYSTEM UND FAHRBAHNOBERFLÄCHENZUSTANDS-BESTIMMUNGSVERFAHREN**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung (100) für ein Fahrzeug (500) bereitgestellt. Die Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung (100) enthält eine Erfassungseinheit (103) und eine Steuereinheit (101, Pr2). Die Erfassungseinheit erfasst, als ein erstes Erfassungssignal, Information über ein verändertes Pixel, dessen Leuchtdichtewert sich basierend auf einer absoluten Verschiebung eines Fahrbahnoberflächenzustands oder einer relativen Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands relativ zu einem sich bewegenden Fahrzeug ändert. Die Steuereinheit bestimmt einen Typ des Fahrbahnoberflächenzustands unter Verwendung des ersten Erfassungssignals.



Beschreibung

[Querverweis auf in Beziehung stehende Anmeldungen]

[0001] Die vorliegende Anmeldung basiert auf und beansprucht die Priorität der am 25. März 2019 eingereichten JP 2019 - 056 506 A, auf deren Offenbarung hiermit vollinhaltlich Bezug genommen ist.

[Technisches Gebiet]

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Technologie zum Bestimmen eines Fahrbahnoberflächenzustands für ein Fahrzeug.

[Stand der Technik]

[0003] Aus der JP 2017 - 182 139 A ist beispielsweise eine Technologie bekannt, bei der eine Umgebung eines Fahrzeugs mit Hilfe von Zieldetektoren wie einer Bildgebungsvorrichtung und einem Radar erfasst wird.

[0004] Eine Bestimmung eines Fahrbahnoberflächenzustands einer Straße, auf der sich ein Fahrzeug bewegt, wird jedoch nicht berücksichtigt. Ein weiteres Problem besteht darin, dass typische Detektoren zum Identifizieren von Personen und Fahrzeugen und zum Messen von Abständen, wie z. B. die Bildgebungsvorrichtung und das Radar, den Fahrbahnoberflächenzustand einer Straße nicht genau bestimmen können.

[0005] Es ist daher wünschenswert, eine genaue Bestimmung eines Fahrbahnoberflächenzustands bereitzustellen.

[KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG]

[0006] Die vorliegende Offenbarung ist gemäß den folgenden Aspekten realisierbar.

[0007] Ein erster Aspekt stellt eine Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung für ein Fahrzeug bereit. Die Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung gemäß dem ersten Aspekt weist auf: eine Erfassungseinheit, die, als ein erstes Erfassungssignal, Information über ein verändertes Pixel bzw. Änderungspixel erfasst, dessen Leuchtdichtewert sich basierend auf einer absoluten Verschiebung eines Fahrbahnoberflächenzustands oder einer relativen Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands in Bezug auf ein sich bewegendes Fahrzeug ändert; und eine Steuereinheit, die den Fahrbahnoberflächenzustand unter Verwendung des ersten Erfassungssignals bestimmt.

[0008] Aufgrund der Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung für ein Fahrzeug gemäß der ersten Ausführungsform kann der Fahrbahnoberflächenzustand einer Straße genau bestimmt werden.

[0009] Ein zweiter Aspekt stellt ein Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsverfahren bereit. Das Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsverfahren gemäß dem zweiten Aspekt weist auf: Erfassen, als ein erstes Erfassungssignal, von Information über ein geändertes Pixel, dessen Leuchtdichtewert sich basierend auf einer absoluten Verschiebung eines Fahrbahnoberflächenzustands oder einer relativen Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands relativ zu einem Fahrzeug ändert; und Bestimmen eines Typs des Fahrbahnoberflächenzustands unter Verwendung des ersten Erfassungssignals.

[0010] Aufgrund des Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsverfahrens gemäß dem zweiten Aspekt kann der Fahrbahnoberflächenzustand einer Straße genau bestimmt werden. Die vorliegende Offenbarung ist ebenso als ein Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsprogramm oder ein computerlesbares Speichermedium, auf dem ein Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsprogramm gespeichert ist, realisierbar.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt eine erklärende Abbildung eines Beispiels eines Fahrzeugs, in dem eine Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung und ein Fahrassistenzsystem gemäß einer ersten Ausführungsform befestigt sind;

Fig. 2 zeigt ein Blockdiagramm einer funktionellen Konfiguration der Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform;

Fig. 3 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verarbeitungsablaufs eines Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsprozesses, der von der Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform ausgeführt wird;

Fig. 4 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verarbeitungsablaufs des Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsprozesses, der von der Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform ausgeführt wird;

Fig. 5 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verarbeitungsablaufs eines Fahrassistenzprozesses, der von dem Fahrassistenzsystem gemäß der ersten Ausführungsform ausgeführt wird;

Fig. 6 zeigt eine erklärende Abbildung, die schematisch ein Beispiel für eine Straßenbegrenzung und eine Wasserströmung in einer horizontalen

Richtung zeigt, bei dem eine Straße von oben betrachtet wird;

Fig. 7 zeigt eine erklärende Abbildung, die schematisch ein Beispiel für eine Straßenbegrenzung und eine Wasseroberfläche in einer vertikalen Richtung zeigt, in dem die Straße vom Fahrzeug aus betrachtet wird; und

Fig. 8 zeigt eine erklärende Abbildung, die schematisch eine Sichtbarkeit von Unebenheit einer Fahrbahnoberfläche einher mit der Bewegung des Fahrzeugs zeigt.

[Beschreibung von Ausführungsformen]

[0011] Nachstehend sind eine Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung, ein Fahrassistenzsystem und ein Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsverfahren für ein Fahrzeug der vorliegenden Offenbarung anhand verschiedener Ausführungsformen beschrieben.

Erste Ausführungsform:

[0012] Wie in **Fig. 1** gezeigt, wird eine Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100** eines Fahrzeugs gemäß einer ersten Ausführungsform verwendet, um in ein Fahrzeug **500** eingebaut zu werden. Die Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100** muss lediglich mindestens eine Steuereinheit und eine Erfassungseinheit aufweisen. Ein Fahrassistenzsystem **10** enthält, neben der Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100**, eine Radar-ECU (ECU für elektronische Steuereinheit) **21**, ein Millimeterwellenradar **211**, eine Kamera-ECU **22**, eine Kamera **221**, eine Ereigniskamera-ECU **26** und eine Ereigniskamera **261**, die als Detektoren dienen, sowie eine Fahrassistenz-Ausführungsvorrichtung **31**.

[0013] Hier ist es ausreichend, wenn mindestens die Kamera-ECU **22** und die Kamera **221** zusätzlich zu der Ereigniskamera-ECU **26** und der Ereigniskamera **261** als die Detektoren vorgesehen sind. Das Fahrzeug **500** gemäß der ersten Ausführungsform enthält ferner einen Drehwinkelsensor **23**, einen Raddrehzahlsensor **24** und einen Gierratensensor **25**. Das Fahrzeug **500** enthält ferner Räder **501**, eine Bremsvorrichtung **502**, eine Bremsleitung **503**, ein Lenkrad **504**, eine vordere Windschutzscheibe **510**, eine vordere Stoßstange **520** und eine hintere Stoßstange **521**. Das Fahrzeug **500** weist wenigstens entweder einen Verbrennungsmotor oder einen Elektromotor als Antriebsquelle **505** für die Fahrzeugfahrt auf.

[0014] Die Radar-ECU **21** ist mit dem Millimeterwellenradar **211** verbunden, das Funkwellen aussendet und von einem Ziel reflektierte Wellen erfasst. Die Radar-ECU **21** erzeugt ein zweites Erfassungssignal, das das Ziel durch einen Erfassungspunkt, d. h. einen Reflexionspunkt, anzeigt, unter Verwendung der vom Millimeterwellenradar **211** erfassten reflektierten Welle, und gibt das zweite Erfassungssignal aus.

[0015] Die Kamera-ECU **22** ist mit der Ein-Linsen-Kamera **221** verbunden. Die Kamera-ECU **22** identifiziert eine Zielform aus einem aufgenommenen Bild, das von der Kamera **221** erfasst wird, erzeugt ein zweites Erfassungssignal, das einen Typ eines Ziels anzeigt, der durch einen Musterabgleichsprozess unter Verwendung eines im Voraus vorbereiteten Formmusters eines Ziels bestimmt wird, und gibt das zweite Erfassungssignal aus. Die Identifizierung der Zielform kann zum Beispiel durch semantische Segmentierung mit Hilfe von maschinellem Lernen erfolgen. Beispielsweise kann Pixelwertinformation (R, G, B) und Koordinateninformation, die als Positionsinformation dient, mit Pixeln verknüpft werden, die in jedem Bild bzw. Frame des aufgenommenen Bildes enthalten sind.

[0016] Die Radar-ECU **21** und das Millimeterwellenradar **211** sowie die Kamera-ECU **22** und die Kamera **221** entsprechen einem zweiten Detektor, der Information über ein Ziel in einer Peripherie eines Eigenfahrzeugs erfasst und die Information als das zweite Erfassungssignal ausgibt.

[0017] Die Ereigniskamera-ECU **26** ist mit der Ereigniskamera **261** verbunden, die in der Lage ist, Änderungen in einem Leuchtdichtewert eines Objekts, die mit einer Verschiebung des Objekts einhergehen, in Einheiten von einigen µs zu erfassen. Die Ereigniskamera-ECU **26** erzeugt Information über ein verändertes Pixel, dessen Änderung im Leuchtdichtewert basierend auf einer Verschiebung des Objekts größer oder gleich als ein im Voraus festgelegter Schwellenwert ist, und gibt die Information als ein erstes Erfassungssignal aus.

[0018] Die Ereigniskamera-ECU **26** und die Ereigniskamera **261** entsprechen einem ersten Detektor, der Information über ein verändertes Pixel erfasst, dessen Wert sich basierend auf einer absoluten Verschiebung eines Fahrbahnoberflächenzustands oder einer relativen Verschiebung eines Fahrbahnoberflächenzustands relativ zu einem Fahrzeug, das sich bewegt, geändert hat, und die Information als das erste Erfassungssignal ausgibt. Die absolute Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands kann beispielsweise ein Regenwasserfluss oder eine Wassertiefe auf einer Fahrbahnoberfläche bei Regenwetter sein. Die relative Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands in Bezug auf das Fahrzeug kann beispielsweise eine Verschiebung der Sichtbarkeit von Unebenheit einer Fahrbahnoberfläche auf einer gefrorenen Straße in Bezug auf eine sich bewegende Fahrzeugposition sein.

[0019] Jede der ECUs **21**, **22** und **26** ist ein Mikroprozessor, der eine Recheneinheit, eine Speichereinheit und eine Eingabe-/Ausgabeeinheit enthält. Hier entsprechen die Radar-ECU **21** und das Millimeterwellenradar **211** einem Detektor zum Aussenden von Erfassungswellen und Erfassen von reflektierten Wellen und Reflexionspunkten und typischerweise zum Messen eines Abstands zwischen dem Eigenfahrzeug und einem Ziel. Die Radar-ECU **21** und das Millimeterwellenradar **211** erfassen einen Abstand, eine relative Geschwindigkeit und einen Winkel des Ziels in Bezug auf das Fahrzeug **500**. Als dieser Detektor kann neben dem Millimeterwellenradar **211** auch ein Laserradar (LIDAR) oder ein Ultraschalldetektor, der Schallwellen aussendet und reflektierte Wellen hiervon erfasst, verwendet werden.

[0020] Die Kamera-ECU **22** und die Kamera **221** sind ein Detektor, der in der Lage ist, die Form eines Ziels dreidimensional zu erfassen. Eine Bildgebungsvorrichtung entspricht diesem. Als die Bildgebungsvorrichtung kann neben der Kamera **221** auch ein 3D-LIDAR (3D für dreidimensional) verwendet werden. Die Kamera **221** kann eine Stereokamera oder eine Multikamera sein, die aus zwei oder mehr Kameras aufgebaut ist. Als die Ereigniskamera **261** kann zusätzlich zu einem Bildsensor, der kein Erfassungssignal ausgibt, das aus einer Frame- bzw. Bildgruppe besteht, eine Bildgebungsvorrichtung verwendet werden, die in der Lage ist, ein Erfassungssignal auszugeben, das aus einer Bildgruppe besteht, die eine hohe Bildrate aufweist, wie 1000 fps oder mehr, die in der Lage ist, eine absolute Hochgeschwindigkeitsverschiebung, wie z. B. einen Wasserfluss auf einer Fahrbahnoberfläche oder eine Turbulenz auf einer Wasseroberfläche, oder eine relative Hochgeschwindigkeitsverschiebung einer Fahrbahnoberfläche, die mit der Fahrt eines Fahrzeugs einhergeht, zu erfassen.

[0021] Das Fahrzeug **500** weist die Bremsvorrichtung **502** zum Bremsen des Fahrzeugs **500** und das Lenkrad **504** zum Lenken des Fahrzeugs **500** auf. Die Bremsvorrichtung **502** ist in jedem Rad **501** vorgesehen. Jede Bremsvorrichtung **502** kann zum Beispiel eine Scheibenbremse oder eine Trommelbremse sein. Die Bremsvorrichtung **502** bremst das Fahrzeug **500** ab, indem sie das Rad **501** durch eine Bremskraft abbremst, die auf Bremsflüssigkeitsdruck basiert, der durch die Bremsleitung **503** auf der Grundlage einer Bremspedalbetätigung durch einen Fahrer zugeführt wird. Die Bremsleitung **503** enthält einen Bremskolben, der den Bremsflüssigkeitsdruck in Abhängigkeit von der Bremspedalbetätigung erzeugt, und eine Bremsflüssigkeitsleitung.

[0022] Hier kann eine Konfiguration verwendet werden, bei der anstelle der Bremsflüssigkeitsleitung eine Steuersignalleitung als die Bremsleitung **503** verwendet und ein in jeder Bremsvorrichtung **502** vorgesehener Aktuator betätigt wird. Das Lenkrad **504** ist an einer Vorderseite mit dem Rad **501** verbunden, zwischen denen sich eine Lenkvorrichtung **42** befindet. Die Lenkvorrichtung **42** enthält eine Lenkstange, einen Lenkmechanismus und eine Lenkwelle **44**.

[0023] Wie in **Fig. 2** gezeigt, weist die Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100** eine CPU (central processing unit bzw. zentrale Recheneinheit) **101**, einen Speicher **102**, eine Eingabe-/Ausgabeschnittstelle **103** und einen Bus **104** auf. Die CPU **101** dient als eine Steuereinheit. Die Eingabe-/Ausgabeschnittstelle **103** dient als eine Erfassungseinheit. Die CPU **101**, der Speicher **102** und die Eingabe-/Ausgabeschnittstelle **103** sind über den Bus **104** miteinander verbunden, so dass eine bidirektionale Kommunikation möglich ist. Der Speicher **102** enthält einen Speicher, wie beispielsweise ein ROM (read only memory bzw. Nur-Lese-Speicher), in dem ein Fahrassistenzprogramm **Pr1** und ein Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsprogramm **Pr2** nichtflüchtig und schreibgeschützt gespeichert sind, und einen Speicher, wie beispielsweise ein RAM (random access memory bzw. Schreib-Lese-Speicher), der von der CPU **101** lesbar und beschreibbar ist und einen Fahrbahnoberflächenzustands-Flag-Speicherbereich **102a** aufweist.

[0024] Das Fahrassistenzprogramm **Pr1** dient zum Ausführen einer Fahrassistenz des Eigenfahrzeugs. Das Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsprogramm **Pr2** dient zum Bestimmen eines Fahrbahnoberflächenzustands anhand von Erfassungsergebnissen der Ereigniskamera **261**. Die CPU **101** öffnet und führt das Fahrassistenzprogramm **Pr1** und das Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsprogramm **Pr2** aus, die im Speicher **102** in einem lesbaren und beschreibbaren Speicher abgelegt sind. Die CPU **101** realisiert dadurch Funktionen der Steuereinheit. Hier kann es sich bei der CPU **101** um eine einzelne CPU handeln. Alternativ kann die CPU **101** auch aus mehreren CPUs bestehen, die jeweils ein Programm ausführen. Alternativ kann es sich bei der CPU **101** um eine Mehrkern-CPU handeln, die in der Lage ist, mehrere Programme gleichzeitig auszuführen.

[0025] Die Radar-ECU **21**, die Kamera-ECU **22**, die Ereigniskamera-ECU **26**, der Drehwinkelsensor **23**, der Raddrehzahlsensor **24**, der Gierratensensor **25** und die Fahrassistenzvorrichtung **31** sind jeweils über eine Steuersignalleitung mit der Eingabe-/Ausgabeschnittstelle **103** verbunden. Erfassungssignale werden von der Radar-ECU **21**, der Kamera-ECU **22**, der Ereigniskamera-ECU **26**, dem Drehwinkelsensor **23**, dem Raddrehzahlsensor **24** und dem Gierratensensor **25** eingegeben. Ein Steuersignal, das die Antriebskraft auf der Grundlage eines erforderlichen Drehmoments spezifiziert, ein Steuersignal, das eine Bremsstufe spezifiziert, und ein Steuersignal, das ei-

nen Lenkwinkel spezifiziert, werden an die Fahrassistenzvorrichtung **31** ausgegeben. Folglich fungiert die Eingabe-/Ausgabeschnittstelle **103** als eine Erfassungseinheit zum Erfassen von Erfassungssignalen, die von verschiedenen Sensoren erfasst werden, einschließlich des ersten Erfassungssignals und des zweiten Erfassungssignals.

[0026] Das Millimeterwellenradar **211** ist ein Sensor, der Millimeterwellen aussendet und von einem Ziel reflektierte Wellen empfängt. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist das Millimeterwellenradar **211** in der vorderen Stoßstange **520** und der hinteren Stoßstange **521** angeordnet. Ein unverarbeitetes Erfassungssignal, das vom Millimeterwellenradar **21** ausgegeben wird, wird von der Radar-ECU **21** verarbeitet und als Erfassungssignal, das aus einem Erfassungspunkt oder einer Reihe von Erfassungspunkten besteht, die eine einzelne oder mehrere repräsentative Positionen eines Ziels anzeigen, in die Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100** eingegeben. Alternativ kann auf die Radar-ECU **21** verzichtet werden, und ein Signal, das eine unverarbeitete Empfangswelle anzeigt, kann als Erfassungssignal vom Millimeterwellenradar **211** in die Fahrassistenzsteuervorrichtung **100** eingegeben werden. In Fällen, in denen die unverarbeitete Empfangswelle als Erfassungssignal verwendet wird, führt die Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100** eine Signalverarbeitung durch, um eine Position und einen Abstand des Ziels zu ermitteln.

[0027] Die Kamera **221** ist eine Bildgebungsvorrichtung, die einen einzelnen Bildsensor, wie beispielsweise ein ladungsgekoppeltes Bauelement (CCD), oder ein einzelnes Bildsensorarray enthält. Die Kamera **221** ist ein Sensor, der durch den Empfang von sichtbarem Licht Information über das äußere Erscheinungsbild (im Folgenden Außenerscheinungsbild-Information) oder die Form (im Folgenden Forminformation) eines Ziels als Bilddaten ausgibt, die ein Erfassungsergebnis darstellen. Die Kamera-ECU **22** führt den oben beschriebenen Prozess an den von der Kamera **221** erfassten Bilddaten durch, und das zweite Erfassungssignal, das die Art bzw. den Typ des Ziels anzeigt, wird erzeugt.

[0028] Unverarbeitete Bilddaten, die von der Kamera **221** erfasst werden, können als das zweite Erfassungssignal in die Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100** eingegeben werden. In diesem Fall führt die Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100** einen Segmentierungsprozess für das Ziel und einen Bestimmungsprozess für den Typ durch. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Kamera **221** in der Mitte eines oberen Abschnitts der vorderen Windschutzscheibe **510** angeordnet. Bei den von der Kamera **221** ausgegebenen Bilddaten kann es sich um monochrome Pixeldaten handeln. In diesem Fall wird für die Segmentierung der Leuchtdichtewert verwendet.

[0029] Bei der Ereigniskamera **261** handelt es sich um einen Bildsensor vom Typ Ereigniserfassung, der über mehrere Pixel verfügt, die durch einen einzigen Bildsensor konfiguriert sind, und der in der Lage ist, in Einheiten von einigen µs ein Ereignis zu erfassen, bei dem es sich um Änderungen eines Leuchtdichtewerts eines Objekts handelt, die in Verbindung mit einer Verschiebung des Objekts auftreten. Die Ereigniskamera **261** gibt, als ein Erfassungsergebnis, Information über ein verändertes Pixel aus, das einer Position entspricht, an der sich der Leuchtdichtewert im Objekt geändert hat, wie z. B. eine Empfangslichtstärke oder Pixelkoordinaten, und gibt keine Erfassungsergebnisse in Bildeinheiten aus, die von allen der mehreren Pixel, die abgetastet werden, erfasst werden.

[0030] Daher kann aus dem Erfassungsergebnis der verwendeten Ereigniskamera **261** die absolute Verschiebung der Fahrbahnoberfläche oder die relative Verschiebung der Fahrbahnoberfläche relativ zur Fahrt des Fahrzeugs extrahiert und der Fahrbahnoberflächenzustand bestimmt werden. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform erzeugt die Ereigniskamera-ECU **26** Information, die die Positionskoordinaten und Leuchtdichtewerte in Bezug auf veränderte Pixel enthält, deren erfasste Änderung des Leuchtdichtewerts größer oder gleich als ein im Voraus festgelegter Schwellenwert ist, d. h. Information, die die absolute Verschiebung oder die relative Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands anzeigt, und gibt die Information als das erste Erfassungssignal aus.

[0031] Die Ereigniskamera **261** muss lediglich in der Lage sein, die Information über das veränderte Pixel auszugeben, dessen Wert sich aufgrund der Verschiebung eines Objekts geändert hat. Zusätzlich zu dem Bildsensor, der kein Erfassungssignal ausgibt, das aus einer Bildgruppe besteht, kann auch eine Bildgebungsvorrichtung verwendet werden, die in der Lage ist, ein aus einer Bildgruppe bestehendes Erfassungssignal mit der oben beschriebenen hohen Bildrate auszugeben.

[0032] Der Drehwinkelsensor **23** ist ein Drehmomentsensor, der einen Torsionsbetrag, d. h. ein Lenkmoment, das durch die Lenkung des Lenkrads **504** in der Lenkstange erzeugt wird, als einen Spannungswert erfasst, der proportional zum Torsionsbetrag ist. Der Drehwinkelsensor **23** erfasst den Lenkwinkel des Lenkrads **504**. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der Drehwinkelsensor **23** in der Lenkstange vorgesehen, die das Lenkrad **504** und den Lenkmechanismus miteinander verbindet.

[0033] Der Raddrehzahlsensor **24** ist ein Sensor, der eine Drehzahl des Rads **501** erfasst. Der Raddrehzahlsensor **24** ist in jedem Rad **501** vorgesehen. Das vom Raddrehzahlsensor **24** ausgegebene Erfassungssignal ist ein der Raddrehzahl proportionaler Spannungswert oder eine Pulswelle, die ein von der Raddrehzahl abhängiges Intervall angibt. Information wie Fahrzeuggeschwindigkeit und Fahrstrecke des Fahrzeugs können mit Hilfe des Erfassungssignals des Raddrehzahlsensors **24** ermittelt werden.

[0034] Der Gierratensensor **25** ist ein Sensor, der eine Drehwinkelgeschwindigkeit des Fahrzeugs **500** erfasst. Der Gierratensensor **25** kann beispielsweise in einem mittleren Abschnitt des Fahrzeugs angeordnet sein. Das vom Gierratensensor **25** ausgegebene Erfassungssignal ist ein Spannungswert, der proportional zu einer Drehrichtung und einer Winkelgeschwindigkeit ist.

[0035] Die Fahrassistenz-Ausführungsvorrichtung **31** steuert eine Erhöhung und Verringerung in einer Ausgangsleistung der Antriebskraftquelle **505** basierend auf einer Betätigung des Gaspedals durch den Fahrer oder unabhängig von der Betätigung des Gaspedals durch den Fahrer. Die Fahrassistenz-Ausführungsvorrichtung **31** verwirklicht eine Bremsung durch die Bremsvorrichtung **502** unabhängig von der Betätigung des Bremspedals durch den Fahrer oder verwirklicht eine Lenkung durch die Lenkvorrichtung **42** unabhängig von der Betätigung des Lenkrads **504** durch den Fahrer.

[0036] Nachstehend ist ein von der Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100** gemäß der ersten Ausführungsform ausgeführter Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsprozess beschrieben. Beispielsweise können in den **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigte Verarbeitungsroutinen wiederholt in einem vorbestimmten Zeitintervall, z. B. im µs-Bereich, vom Start bis zum Stopp eines Steuersystems des Fahrzeugs oder vom Einschalten eines Startschalters bis zum Ausschalten des Startschalters ausgeführt werden. Der in den **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigte Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsprozess wird von der CPU **101** durchgeführt, auf der das Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsprogramm **Pr2** läuft.

[0037] Die CPU **101** erfasst das Ereigniskamera-Erfassungssignal, das das erste Erfassungssignal ist, über die Eingabe-/Ausgabeschnittstelle **103** (Schritt **S100**). Insbesondere empfängt die CPU **101** die ersten Erfassungssignale, die von der Ereigniskamera-ECU **26** im Laufe der Zeit ausgegeben werden, und erfasst Information über ein einzelnes oder mehrere veränderte Pixeln, deren von der Ereigniskamera **261** erfasster Leuchtdichtewert sich geändert hat. Das erste Erfassungssignal enthält Information über mehrere veränderte Pixelgruppen, die eine absolute Verschiebung anzeigen, die auf das Verhalten eines Objekts selbst zurückzuführen ist, wie z. B. ein Wasserfluss auf einer Fahrbahnoberfläche oder das Rollen und Schwanken einer Wasseroberfläche, oder eine relative Verschiebung einer Fahrbahnoberflächenform, die auf das Fahrzeug zurückzuführen ist, wie z. B. die Unebenheit einer gefrorenen Oberfläche relativ zu einem sich bewegenden Fahrzeug.

[0038] Die CPU **101** erfasst periphere Information, d. h. das zweite Erfassungssignal (Schritt **S102**). Bei der peripheren Information kann es sich beispielsweise um Information handeln, die den Zustand der Fahrbahnoberfläche anzeigt, der aus einem aufgenommenen Bild extrahiert wird, das ein Aufnahme- bzw. Bildgebungsergebnis ist, das den von der Kamera **221** aufgenommenen Fahrbahnoberflächenzustand anzeigt. Die CPU **101** bestimmt, ob die Fahrbahnoberfläche einer geplanten Bewegungsbahn des Eigenfahrzeugs eine trockene Straße ist, die nicht nass ist, indem sie die erfasste periphere Information verwendet (Schritt **S104**).

[0039] Die CPU **101** bestimmt, dass es sich bei der Fahrbahnoberfläche um eine trockene Straße handelt, wenn ein Weißgrad eines der Fahrbahnoberfläche entsprechenden Bereichs, der in dem aufgenommenen Bild enthalten ist, höher ist als ein im Voraus festgelegter Trockene-Straße-Bestimmungswert. D. h., eine nasse Straße, die eine nasse Fahrbahnoberfläche ist, weist eine stärkere Schwärze als die trockene Straße auf. Daher kann anhand des Weißgrads bestimmt werden, ob die Fahrbahnoberfläche trocken oder nass ist.

[0040] Hier kann es sich bei der peripheren Information um ein in Graustufen aufgenommenes Bild oder um ein in Graustufen umgewandeltes Farbbild handeln. Der Weißgrad kann als Grad der Helligkeit oder als Grad der Leuchtdichte angesehen werden. Wenn bestimmt wird, dass der Typ des Fahrbahnoberflächenzustands eine trockene Straße anzeigt (JA in Schritt **S104**), schreitet die CPU **101** zu A in **Fig. 4** voran und beendet die laufende Verarbeitungsroutine.

[0041] Hier kann die Bestimmung, ob es sich bei der Fahrbahnoberfläche der geplanten Bewegungsbahn des Eigenfahrzeugs um eine trockene Straße handelt, die nicht nass ist, auch nicht ausgeführt werden. Darüber hinaus kann anstelle des zweiten Erfassungssignals ein Regen- oder Schneefallzustand bestimmt werden, wenn ein Betriebssignal eines Scheibenwischers eingeschaltet ist, und die Fahrbahnoberfläche kann als nicht trockene Straße bestimmt werden, oder es kann eine Wahrscheinlichkeit einer gefrorenen Straße bestimmt werden, wenn eine Außentemperatur kleiner oder gleich als eine im Voraus festgelegte Temperatur, z. B. 4 °C, ist, und die Fahr-

bahnoberfläche kann als nicht trockene Straße bestimmt werden.

[0042] Wenn bestimmt wird, dass der Fahrbahnoberflächenzustand, der eine trockene Straße ist, nicht angezeigt wird (Nein in Schritt **S104**), identifiziert die CPU **101** die Fahrbahnoberfläche, deren Fahrbahnoberflächenzustand weiter zu bestimmen ist, unter Verwendung des von der Ereigniskamera **261** erfassten ersten Erfassungssignals. Die Bestimmung, dass es sich bei dem Fahrbahnoberflächenzustand nicht um eine trockene Straße handelt, schließt einen Fall ein, in dem ein nasser Bereich in einem Abschnitt der Fahrbahnoberfläche vorhanden ist, und einen Fall, in dem nasse Bereiche in verstreuter Form vorhanden sind.

[0043] Wie in den **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigt, kann die Identifizierung der Fahrbahnoberfläche beispielsweise dadurch erfolgen, dass eine Straßenbegrenzungslinie **RB** unter Verwendung des zweiten Erfassungssignals identifiziert wird und ein Bereich, der von den Straßenbegrenzungslinien **RB** umgeben ist, d. h. ein Bereich, der zwischen den Stra-ßenbegrenzungslinien **RB** liegt, als identifizierte Fahrbahnoberfläche **RS** bestimmt wird.

[0044] Alternativ kann ein nasser Bereich, der ein Teilbereich der Fahrbahnoberfläche ist, der anhand des aufgenommenen Bildes identifiziert wird, als identifizierte Fahrbahnoberfläche **RS** identifiziert werden, oder ein Bereich, in dem ein Änderungspixel vorhanden ist oder ein Änderungspixel in dem ersten Erfassungssignal enthalten ist, das von der Ereigniskamera **261** erfasst wird, kann als identifizierte Fahrbahnoberfläche **RS** identifiziert werden. D. h., die identifizierte Fahrbahnoberfläche **RS** ist nicht auf die gesamte Fahrbahnoberfläche beschränkt, sondern kann ein Abschnitt der Fahrbahnoberfläche sein, z. B. ein nasser Bereich oder ein Teilbereich einer nassen Straße, in dem sich eine Wassertiefe oder ein Wasserfluss von der bzw. dem anderer Bereiche unterscheiden. Die identifizierte Fahrbahnoberfläche **RS** kann ebenso mehrere Bereiche umfassen, in denen diese Bereiche verstreut sind. Darüber hinaus kann eine Umgebung eines Reifens eines anderen Fahrzeugs, z. B. eines vorausfahrenden oder eines entgegenkommenden Fahrzeugs, als die identifizierte Fahrbahnoberfläche **RS** identifiziert werden.

[0045] Die CPU **101** erfasst veränderte Pixelinformation (im Folgenden Pixeländerungsinformation) auf der identifizierten Fahrbahnoberfläche **RS**, die in dem ersten Erfassungssignal enthalten ist, d. h. Information über eine veränderte Pixelgruppe (im Folgenden Pixeländerungsgruppe), die mindestens entweder die absolute Verschiebung oder die relative Verschiebung der identifizierten Fahrbahnoberfläche **RS** anzeigt, die von der Ereigniskamera **261** erfasst wird (Schritt **S108**). Wenn die Information über das veränderte Pixel erfasst wird, kann die Informationserfassung hauptsächlich in Bezug auf die Nähe eines Reifens eines anderen Fahrzeugs, z. B. eines vorausfahrenden oder eines entgegenkommenden Fahrzeugs, durchgeführt werden. Dies liegt daran, dass eine absolute Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands auf einer nassen Straße in der Nähe eines Reifens auffällig bzw. markant ist.

[0046] Hier kann die Identifizierung eines Reifennahbereichs anhand des ersten Erfassungssignals oder anhand des von der Kamera **221** aufgenommenen Bildes erfolgen. Die CPU **101** extrahiert eine Verschiebungskomponente in horizontaler Richtung **HD** aus der erfassten Verschiebung der Pixeländerungsgruppe und führt eine Frequenzanalyse an Verschiebungseigenschaften in horizontaler Richtung **HD** durch (Schritt **S110**). Hier beschreibt die horizontale Richtung **HD** eine Querrichtung eines Eigenfahrzeugs **M0**, wie in **Fig. 6** dargestellt, oder eine Richtung, die parallel zur Fahrbahnoberfläche verläuft. Auf der identifizierten Fahrbahnoberfläche **RS** wird durch Regenfälle eine Wasserströmung **HF** erzeugt, die in horizontaler Richtung fließt. Die Wasserströmung **HF** entsteht insbesondere leichter auf einer Straße, die so geneigt ist, dass ein Straßenrand oder ein Abfluss tiefer liegt.

[0047] Ferner kann durch einen Reifen des vorausfahrenden Fahrzeugs eine Wasserströmung mit hoher Wellenhöhe erzeugt werden. Die Verschiebungskomponente in horizontaler Richtung umfasst Verschiebungskomponenten in horizontaler Richtung, die Änderungen in der Leuchtdichte sind, die der Wasserströmung **HF** entsprechen, d. h. verschiedene Geschwindigkeitskomponenten hiervon. Die Frequenzanalyse erfolgt durch eine schnelle Fourier-Transformation (FFT) der extrahierten Verschiebungskomponente in horizontaler Richtung. Hier kann die Frequenzanalyse unter Verwendung eines Bandfilters erfolgen.

[0048] Die CPU **101** bestimmt, ob eine Amplitude **A0** bei einer ersten Frequenz X Hz oder niedriger in einem Ergebnis der Frequenzanalyse größer als eine erste Amplitude **A1** ist, d. h. ob A0 > A1 ist (Schritt **S112**). Die Amplitude **A0** kann beispielsweise ein Durchschnittswert, ein Höchstwert oder ein Medianwert der Amplitude bei der ersten Frequenz X Hz oder darunter sein. Die Frequenz X kann z. B. 1 Hz betragen, was einer Frequenz der Wasserströmung **HF** entspricht, die eine große Fließgeschwindigkeit, d. h. eine schnelle Strömung, aufweist. Die Amplitude **A1** kann z. B. 10 cm betragen, was einer Änderung der Höhe der Wasseroberfläche der Wasserströmung **HF** mit einer großen Fließgeschwindigkeit entspricht.

[0049] Die Frequenz X und die Amplitude **A1** dienen hier lediglich als Beispiele. Je nach den Eigen-

schaften der betreffenden Wasserströmung **HF** können geeignete Werte verwendet werden. Wenn bestimmt wird, dass A0 > A1 ist (Ja in Schritt **S112**), bestimmt die CPU **101**, dass der Typ des Fahrbahnoberflächenzustands eine nasse Straße mit einer großen Fließgeschwindigkeit ist. Die CPU **101** setzt ein Fahrbahnoberflächen-Flag **WF** für eine große Fließgeschwindigkeit im Fahrbahnoberflächenzustands-Flag-Speicherbereich **102a**, d. h. sie setzt das Fahrbahnoberflächen-Flag **WF** für eine große Fließgeschwindigkeit = 1 (Schritt **S114**), und schreitet zu B in **Fig. 4** voran.

[0050] Wenn bestimmt wird, dass A0 nicht > A1 ist (Nein in Schritt **S112**), bestimmt die CPU **101**, ob die Amplitude **A0** bei der ersten Frequenz X Hz oder niedriger kleiner als eine zweite Amplitude **A2** ist, d. h. ob A0 < A2 ist (Schritt **S116**). Die Amplitude **A2** kann z. B. 1 cm betragen, was einer Änderung der Höhe der Wasseroberfläche der Wasserströmung **HF** entspricht, die eine geringe Fließgeschwindigkeit aufweist. Hier kann anstelle der ersten Frequenz X Hz eine niedrigere Frequenz verwendet werden, die der Wasserströmung **HF** entspricht, die eine geringe Fließgeschwindigkeit aufweist.

[0051] Wenn bestimmt wird, dass A0 nicht < A2 ist (Nein in Schritt **S116**), bestimmt die CPU **101**, dass die Fahrbahnoberfläche eine nasse Straße ist, die eine geringe Menge Wasser aufweist, und schreitet zu B in **Fig. 4** voran. Wenn bestimmt wird, dass A0 < A2 ist (Ja in Schritt **S116**), schreitet die CPU **101** zu C in **Fig. 4** voran und bestimmt, dass der Typ des Fahrbahnoberflächenzustands eine gefrorene Straße ist. Die CPU **101** setzt ein Gefrorene-Straße-Flag IC im Fahrbahnoberflächenzustands-Flag-Speicherbereich **102a**, d. h. sie setzt das Gefrorene-Straße-Flag IC = 1 (Schritt **S130**), und beendet die laufende Verarbeitungsroutine.

[0052] Nach B in **Fig. 4** extrahiert die CPU **101** eine Verschiebungskomponente in einer vertikalen Richtung **VD** aus der Verschiebung der Pixeländerungsgruppe, die in der erfassten Pixeländerungsinformation über die identifizierte Fahrbahnoberfläche **RA** enthalten ist, die in dem ersten Erfassungssignal enthalten ist, und führt eine Frequenzanalyse der Verschiebungseigenschaften in der vertikalen Richtung **VD** durch (Schritt **S118**). Die vertikale Richtung **VD** beschreibt hier eine Höhenrichtung des Eigenfahrzeugs **M0** in **Fig. 7** oder eine Richtung **VD**, die senkrecht zur Fahrbahnoberfläche verläuft. Auf der identifizierten Fahrbahnoberfläche **RS** entsteht infolge von Regenfällen in vertikaler Richtung **VD** eine Wasserflussschicht oder eine Überschwemmungsschicht, die die identifizierte Fahrbahnoberfläche **RS** bedeckt. Die Verschiebungskomponente in vertikaler Richtung umfasst Verschiebungskomponenten verschiedener Höhen einer Wasseroberfläche **WS**, die Änderungen der Leuchtdichte sind, die einer Tiefe der fließenden Wasserschicht entsprechen, d. h. eine Geschwindigkeitskomponente. Die Frequenzanalyse erfolgt durch die FFT der extrahierten Verschiebungskomponente in vertikaler Richtung.

[0053] Die CPU **101** bestimmt, ob eine Amplitude **B0** bei einer zweiten Frequenz Y bis Z Hz oder niedriger in einem Ergebnis der Frequenzanalyse größer als eine dritte Amplitude **B1** ist, d. h. ob B0 > B1 ist (Schritt **S120**).

[0054] Die Amplitude **B0** kann beispielsweise ein Durchschnittswert, ein Höchstwert oder ein Medianwert der Amplitude bei der zweiten Frequenz Y bis Z Hz oder darunter sein. Die Frequenz Y bis Z kann z. B. 0,1 bis 3 Hz betragen, was einer Frequenz der Wasseroberfläche **WS** einer langsam fließenden Überschwemmungsschicht oder einer schnell fließenden Wasserschicht entspricht. Die Amplitude **B1** kann z. B. 1 cm betragen, was einer Änderung der Höhe der Wasseroberfläche **WS** einer überschwemmten Straße entspricht. Die Wasseroberfläche einer Überschwemmungsschicht, die eine große Wassertiefe aufweist, ist in der Regel ruhig und weist eine geringe Wellenhöhe auf. Hier kann anstelle des zweiten Frequenzbereichs Y bis Z Hz auch nur Y Hz oder Z Hz verwendet werden. Die Frequenz Y bis Z Hz und die Amplitude **B1** dienen lediglich als Beispiele. Geeignete Werte können auf der Grundlage der Eigenschaften der betreffenden Überschwemmungsschicht oder Wasserflussschicht auf der überfluteten Straße verwendet werden.

[0055] Wenn bestimmt wird, dass B0 > B1 ist (Ja in Schritt **S120**), bestimmt die CPU **101**, dass der Typ des Fahrbahnoberflächenzustands eine nasse Straße ist, die sich in einem überfluteten Zustand befindet, in dem die Wassertiefe der Überschwemmungsschicht oder der fließenden Wasserschicht, die die identifizierte Fahrbahnoberfläche **RS** bedeckt, tief ist und das Fahren des Fahrzeugs beeinträchtigt. Die CPU **101** setzt ein Fahrbahnoberflächen-Flag **WD** für tiefes Wasser im Fahrbahnoberflächenzustands-Flag-Speicherbereich **102a**, d. h. sie setzt das Fahrbahnoberflächen-Flag **WD** für tiefes Wasser = 1 (Schritt **S122**).

[0056] Wenn bestimmt wird, dass B0 nicht > B1 ist (Nein in Schritt **S120**), bestimmt die CPU **101**, ob die Amplitude **B0** bei der zweiten Frequenz Y bis Z Hz oder niedriger kleiner als eine vierte Amplitude **B2** ist, d. h. ob B0 < B2 ist (Schritt **S124**). Die Amplitude **B2** kann z. B. 0,5 cm betragen, was einer Änderung der Höhe der Wasseroberfläche **WS** einer flachen, fließenden Wasserschicht entspricht. Hier kann anstelle der zweiten Frequenz Y bis Z Hz auch eine niedrigere Frequenz verwendet werden, die einer flachen, fließenden Wasserschicht entspricht.

[0057] Wenn bestimmt wird, dass B0 nicht < B2 ist (Nein in Schritt **S124**), bestimmt die CPU **101**, dass der Typ des Fahrbahnoberflächenzustands eine nasse Straße ist, die eine flache Wasserflussschicht aufweist, und schreitet zu Schritt **S128** voran. Wenn bestimmt wird, dass B0 < B2 ist (Ja in Schritt **S124**), bestimmt die CPU **101**, dass der Typ des Fahrbahnoberflächenzustands eine gefrorene Straße ist. Die CPU **101** setzt das Gefrorene-Straße-Flag IC im Fahrbahnoberflächenzustands-Flag-Speicherbereich **102a**, d. h. sie setzt das Gefrorene-Straße-Flag IC = 1 (Schritt **S130**), und beendet die laufende Verarbeitungsroutine.

[0058] Die CPU **101** bestimmt, ob das Fahrbahnoberflächen-Flag **WF** für eine große Fließgeschwindigkeit = 1 und das Fahrbahnoberflächen-Flag **WD** für tiefes Wasser = 1 ist (Schritt **S126**). Wenn bestimmt wird, dass das Fahrbahnoberflächen-Flag **WF** für eine große Fließgeschwindigkeit = 1 und das Fahrbahnoberflächen-Flag **WD** für tiefes Wasser = 1 ist (Ja in Schritt **S126**), bestimmt die CPU **101**, dass der Typ des Fahrbahnoberflächenzustands eine nasse Straße ist, die sich in einem Zustand befindet, in dem Aquaplaning auftreten kann. Die CPU **101** setzt Aquaplaning-Flag HP im Fahrbahnoberflächenzustands-Flag-Speicherbereich **102a**, d. h. setzt das Aquaplaning-Flag HP = 1 (Schritt **S128**), und beendet die laufende Verarbeitungsroutine. Wenn bestimmt wird, dass das Fahrbahnoberflächen-Flag **WF** für eine große Fließgeschwindigkeit = 1 und das Fahrbahnoberflächen-Flag **WD** für tiefes Wasser nicht 1 ist (Nein in Schritt **S126**), beendet die CPU **101** die laufende Verarbeitungsroutine.

[0059] Nachstehend ist die Ausführung eines vom Fahrassistenzsystem **10** ausgeführten Fahrassistenzprozesses unter Bezugnahme auf **Fig. 5** beschrieben. Beispielsweise können in **Fig. 5** gezeigte Verarbeitungsroutinen wiederholt in einem vorbestimmten Zeitintervall, z. B. einige µs, vom Start bis zum Stopp des Steuersystems des Fahrzeugs oder vom Einschalten bis zum Ausschalten des Startschalters ausgeführt werden. Der in **Fig. 5** gezeigte Fahrassistenzprozess wird von der CPU **101** durchgeführt, auf der das Fahrassistenzprogramm **Pr1** läuft. Die CPU **101** erfasst das Fahrbahnoberflächenzustands-Flag aus dem Fahrbahnoberflächenzustands-Flag-Speicherbereich **102a** (Schritt **S200**). Die CPU **101** bestimmt, ob das Gefrorene-Straße-Flag IC = 1 ist (Schritt **S202**). Wenn das Gefrorene-Straße-Flag IC = 1 ist (Ja in Schritt **S202**), führt die CPU **101** eine Fahrassistenz für eine gefrorene bzw. vereiste Straße durch (Schritt **S204**) und beendet die laufende Verarbeitungsroutine.

[0060] Hier bedeutet eine Ausführung der Fahrassistenz für eine gefrorene Straße, dass sowohl ein Fahrassistenzmodus auf die Fahrassistenz für eine gefrorene Straße eingestellt ist als auch der Fahrassistenzmodus auf die Fahrassistenz für eine gefrorene Straße eingestellt ist und die Fahrassistenz durch die Fahrassistenz-Ausführungsvorrichtung **31** ausgeführt wird. Zum Beispiel kann, als die Fahrassistenz für eine gefrorene Straße, eine Fahrassistenz wie ein früheres Bremsstarttiming für eine Notbremsung, d. h. eine Erhöhung der Zeit bis zur Kollision (Time-to-Collision [TTC]), eine frühere Druckbeaufschlagung der Bremsleitung, eine Verlangsamung des Bremskraftanstiegs sowie eine Verringerung der Fahrzeuggeschwindigkeit und eine Vergrößerung des Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Abstands bei einer kontrollierten Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit und einer Abstandsregelung zwischen den Fahrzeugen, d. h. eine adaptive Geschwindigkeitsregelung (ACC) durchgeführt werden.

[0061] Wenn das Gefrorene-Straße-Flag IC nicht 1 ist (Nein in Schritt **S202**), bestimmt die CPU **101**, ob das Aquaplaning-Flag (Hydro-Flag) HP = 1 ist (Schritt **S206**). Wenn das Aquaplaning-Flag HP = 1 ist (Ja in Schritt **S206**), führt die CPU **101** eine Aquaplaning-Fahrassistenz durch (Schritt **S208**) und beendet die laufende Verarbeitungsroutine. Als die Aquaplaning-Fahrassistenz kann zum Beispiel eine Fahrassistenz wie die frühere Druckbeaufschlagung der Bremsleitung und das Verlangsamen der Verzögerung, das Verlangsamen des Anstiegs der Bremskraft, das Wechseln der Fahrspur auf eine Fahrspur mit geringerer Wassertiefe und das Begrenzen der Beschleunigung durchgeführt werden.

[0062] Wenn das Aquaplaning-Flag HP nicht 1 ist (Nein in Schritt **S206**), führt die CPU **101** eine Standardfahrassistenz aus (Schritt **S210**) und beendet die laufende Verarbeitungsroutine. Die Standardfahrassistenz ist ein Fahrassistenzprozess, bei dem auf trockener Fahrbahn eine Kollision mit einem Hindernis auf der Fahrbahn verhindert oder ein Auffahrschaden verringert wird. Ein Fahrassistenzprozess wie Bremsassistenz und Lenkassistenz unter Verwendung von TTC oder Beschleunigungsbegrenzung ist enthalten.

[0063] Gemäß der vorstehend beschriebenen Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100** der ersten Ausführungsform kann der Typ des Fahrbahnoberflächenzustands unter Verwendung der Information über das veränderte Pixel, dessen Leuchtdichtewert sich basierend auf der absoluten Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands ändert, bestimmt werden. Daher kann der Fahrbahnoberflächenzustand genau bestimmt werden. D. h., dass der Fahrbahnoberflächenzustand genau bestimmt werden kann, wenn eine Verschiebung, wie z. B. die Größe einer Wasserströmung oder eine Wassertiefe auf der Fahrbahnoberfläche, die die absolute Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands anzeigt, beispielsweise durch die Verwendung des Erfassungsergebnisses der Ereigniskamera **261** bestimmt wird, die in der Lage ist, die

Wasserströmung, die über die Fahrbahnoberfläche fließt, und die Wassertiefe auf der Fahrbahnoberfläche mit einer hohen Auflösung als Änderungen im Leuchtdichtewert zu erfassen. Ferner kann die Bestimmung, ob der Fahrbahnoberflächenzustand eine nasse oder eine gefrorene Straße ist, erfolgen.

[0064] Gemäß dem Fahrassistenzsystem **100**, das die Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100** der ersten Ausführungsform enthält, erfolgt die Fahrassistenz für eine gefrorene Straße, wenn der ermittelte Fahrbahnoberflächenzustand eine gefrorene Straße ist, erfolgt die Aquaplaning-Fahrassistenz, wenn der Fahrbahnoberflächenzustand eine überschwemmte Straße ist und die Wahrscheinlichkeit von Aquaplaning vorhanden ist, und erfolgt die Standardfahrassistenz, wenn der Fahrbahnoberflächenzustand eine trockene Straße ist. Daher kann eine auf dem Straßenzustand basierende Fahrassistenz durchgeführt werden. Die Effektivität der Fahrassistenz kann verbessert werden.

Weitere Ausführungsformen:

[0065] (1) Die Bestimmung, ob es sich bei dem Fahrbahnoberflächenzustand um eine gefrorene Straße handelt, kann dadurch erfolgen, dass die Unebenheit der Fahrbahnoberfläche bestimmt wird. D. h., während eine Wasseroberfläche aufgrund der Oberflächenspannung eine glatte ebene Oberfläche oder eine glatte kugelförmige Oberfläche aufweist, ist die Oberfläche einer gefrorenen Oberfläche aufgrund von Eispartikeln nicht glatt und uneben. Daher kann die Bestimmung, ob es sich bei dem Fahrbahnoberflächenzustand um eine gefrorene Straße handelt, unter Verwendung von Information über ein verändertes Pixel durchgeführt werden, dessen Leuchtdichtewert sich auf der Grundlage einer relativen Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands in Bezug auf das sich bewegende Fahrzeug ändert, zusätzlich zu der absoluten Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands oder ohne Verwendung der absoluten Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands.

[0066] Wie in **Fig. 8** gezeigt, sind Vertiefungsabschnitte **DO** und Vorsprungsabschnitte **PO** vorhanden. Wie in **Fig. 8** gezeigt, kann, wenn sich Positionen von veränderten Pixeln **DO1** und **PO1**, die Zielen **DO** und **PO** entsprechen, vom Eigenfahrzeug **M0** wegbewegen, während sich das Eigenfahrzeug **M0** bewegt, d. h. im Falle des veränderten Pixels **PO1**, das einer Außenkante des Vorsprungsabschnitts **PO** entspricht, die Fahrbahnoberfläche als hervorstehende Fahrbahnoberfläche bestimmt werden.

[0067] Wenn sich die Positionen der veränderten Pixel **DO1** und **PO1**, die den Zielen **DO** und **PO** entsprechen, näher an das Eigenfahrzeug **M0** heranbewegen, wenn sich das Eigenfahrzeug **M0** bewegt, d. h. im Fall des veränderten Pixels **DO1**, das einer Innenkante des Vertiefungsabschnitts **DO** entspricht, kann die Fahrbahnoberfläche als vertiefte Fahrbahnoberfläche bestimmt werden. Die Außenkante und die Innenkante entsprechen Leuchtdichte-Grenzlinien, die durch Sonnenlicht oder Frontscheinwerfer gebildet werden.

[0068] Hier zeigt eine Verschiebung der veränderten Pixel **DO1** und **PO1** in **Fig. 8** schematisch eine Verschiebung, die beobachtet wird, wenn das Eigenfahrzeug **M0** die jeweilige Position passiert, die durch einen Pfeil auf einer rechten Seite der Ziele **DO** und **PO** angezeigt wird. In Wirklichkeit sind die Positionen der veränderten Pixel **DO1** und **PO1** aufgrund von Konturen **DO2** und **PO2** der Ziele **DO** und **PO** verschoben, die durch gestrichelte Linien angezeigt werden, die aufgrund des Abstands zum Eigenfahrzeug **M0** deformiert zu sein scheinen. In **Fig. 8** ist jedoch die Verformung der Konturen **DO2** und **PO2** der Ziele **DO** und **PO** nicht dargestellt, um die Verschiebung der veränderten Pixel **DO1** und **PO1** in Bezug auf das Eigenfahrzeug **M0** zu zeigen.

[0069] Als Ergebnis des oben beschriebenen Konzepts kann der Fahrbahnoberflächenzustand als gefrorene Straße bestimmt werden, wenn der Fahrbahnoberflächenzustand als wenigstens entweder die vorstehende oder die vertiefte Fahrbahnoberfläche bestimmt wird. Durch die Verwendung der relativen Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands in Bezug auf das sich bewegende Fahrzeug zusätzlich zu der Bestimmung anhand der absoluten Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands kann die Bestimmungsgenauigkeit, ob es sich bei dem Fahrbahnoberflächenzustand um eine gefrorene bzw. vereiste Straße handelt, verbessert werden.

[0070] Ferner zeigt sich, wenn der Fahrbahnoberflächenzustand ein nasser Zustand ist, die mit fließendem Wasser einhergehende Verschiebung nicht als die relative Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands gegenüber dem sich bewegenden Fahrzeug. Daher kann durch die Verwendung der relativen Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands relativ zum sich bewegenden Fahrzeug die Bestimmungsgenauigkeit bezüglich des Fahrbahnoberflächenzustands, der eine nasse Straße ist, verbessert werden. Die Bestimmungsgenauigkeit, dass es sich bei dem Fahrbahnoberflächenzustand um eine nasse Straße handelt, kann durch die Verwendung der relativen Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands gegenüber dem sich bewegenden Fahrzeug verbessert werden.

[0071] Ferner kann die Bestimmung, dass der Fahrbahnoberflächenzustand eine gefrorene Straße ist, getroffen werden, wenn die Gefrorene-Straße-Bestimmung über eine im Voraus festgelegte Strecke fortgesetzt wird bzw. andauert. Alternativ kann die

Bestimmung, dass der Fahrbahnoberflächenzustand eine gefrorene Straße ist, unter Berücksichtigung von Merkmalen der Straßentopographie erfolgen, wie z. B. einer Kreuzung oder einer nordseitigen Fahrbahnoberfläche, an der es leicht zu einer Vereisung kommt oder sich eine gefrorene Straße leicht bildet.

[0072] (2) Gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen wird eine trockene Straße, eine nasse Straße oder eine gefrorene Straße als der Typ des Fahrbahnoberflächenzustands bestimmt. Als der Typ des Fahrbahnoberflächenzustands kann jedoch bestimmt werden, ob es sich bei dem Fahrbahnoberflächenzustand um eine abgesenkte/erhöhte Straße handelt. Wie unter Bezugnahme auf **Fig. 8** beschrieben, bestimmt die Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100**, wenn sich die Position des veränderten Pixels **PO1**, das dem Ziel **PO** entspricht, vom Eigenfahrzeug **M0** wegbewegt, während sich das Eigenfahrzeug **M0** bewegt, den Typ des Fahrbahnoberflächenzustands als eine vorstehende Fahrbahnoberfläche.

[0073] Wenn sich die Position des veränderten Pixels **DO1**, das dem Ziel **DO** entspricht, dem Eigenfahrzeug **M0** nähert, während sich das Eigenfahrzeug **M0** bewegt, bestimmt die Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100** den Typ des Fahrbahnoberflächenzustands als eine vertiefte Fahrbahnoberfläche. Die Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung **100** kann so bestimmen, ob die Fahrbahnoberfläche abgesenkt oder angehoben ist. Ferner nimmt die Verschiebung des veränderten Pixels zu, wenn der Vertiefungsabschnitt oder der Vorsprungsabschnitt größer wird. Daher kann auch die Größe des Vertiefungsabschnitts und des Vorsprungsabschnitts bestimmt werden. Als Fahrassistenz in Bezug auf eine abgesenkte/angehobene Straße können Prozesse wie das Umfahren eines abgesenkten Abschnitts oder eines angehobenen bzw. erhöhten Abschnitts durch die Lenkassistenz und das Verringern der Geschwindigkeit des Eigenfahrzeugs **M0** per Bremsassistenz oder Beschleunigungsbegrenzung durchgeführt werden.

[0074] (3) Gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen erfolgt die Bestimmung einer nassen Straße und einer gefrorenen Straße unter Verwendung einer Verschiebung von fließendem Wasser und einer fließenden Wasserschicht. In diesem Zusammenhang kann der Typ des Fahrbahnoberflächenzustands ebenso durch eine absolute Verschiebung eines zu erfassenden Ziels bestimmt werden, wobei das Ziel Schnee oder Sand auf der Fahrbahnoberfläche ist. Schnee und Sand auf der Fahrbahnoberfläche bewegen sich im Allgemeinen durch Wind oder Fahrtwind in horizontaler Richtung.

[0075] Daher kann, wenn der Fahrbahnoberflächenzustand in Schritt **S104** von **Fig. 3** als trockene Straße bestimmt wird, eine Menge an Schnee oder Sand auf der Fahrbahnoberfläche unter Verwendung des ersten Erfassungssignals bestimmt werden, das von der Ereigniskamera **261** ausgegeben wird, und die Bestimmung einer Schneefallstraße bzw. schneebedeckten Straße oder einer sandigen Straße kann als der Typ des Fahrbahnoberflächenzustands durchgeführt werden. In diesem Fall kann, wenn das Ziel ebenso in vertikaler Richtung nach oben verschoben wird, das Ziel als Pulverschnee oder feiner Sand bestimmt werden.

[0076] Eine verschneite Straße und eine sandige Straße weisen einen hohen Weißgrad auf und können durch die Kamera **22** als eine trockene Straße bestimmt werden. Da die schneebedeckte Straße und die sandige Straße einen höheren Weißgrad als die trockene Straße aufweisen, kann bei der Bestimmung des Fahrbahnoberflächenzustands als schneebedeckte Straße oder sandige Straße die Bestimmung, ob der Fahrbahnoberflächenzustand die schneebedeckte Straße oder die sandige Straße ist, anhand von Verschiebungseigenschaften des Ziels durchgeführt werden. Die schneebedeckte Straße und die sandige Straße neigen dazu, rutschig zu sein. Folglich kann als Fahrassistenz für die verschneite Straße und die sandige Straße eine Fahrassistenz wie die Unterdrückung der Geschwindigkeit des Eigenfahrzeugs **M0** per Bremsassistenz oder Beschleunigungsbeschränkung, die Unterdrückung von plötzlicher Beschleunigung und Verzögerung und das Vorlegen des Bremsstarttimings durchgeführt werden.

[0077] (4) Gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen ist das Aquaplaning-Flag HP nicht 1, wenn das Fahrbahnoberflächen-Flag **WF** für eine große Fließgeschwindigkeit = 1 oder das Fahrbahnoberflächen-Flag **WD** für tiefes Wasser = 1 ist. Wenn jedoch WF = 1 oder WD = 1 ist, kann eine Fahrassistenz wie das Umschalten auf Trockenhaltung, bei der eine Rotoroberfläche durch periodisch leichtes Betätigen der Bremsvorrichtung **502** in einen trockenen Zustand versetzt wird, oder eine Antiblockierbremseinstellung (ABS), die bei nasser Fahrbahn frühzeitig betätigt wird, und eine Benachrichtigung des Fahrers durchgeführt werden. Darüber hinaus kann das Aquaplaning-Flag HP = 1 nur dann gesetzt werden, wenn WD = 1 ist.

[0078] (5) Gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen wird die Steuereinheit, die den Fahrassistenzprozess und den Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsprozess per Software ausführt, durch die CPU **101** verwirklicht, die das Fahrassistenzprogramm **Pr1** und das Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsprogramm **Pr1** ausführt. Die Steuereinheit kann jedoch auch durch Hardware, eine integrierte Schaltung oder eine diskrete Schaltung, die im Voraus programmiert wird, realisiert wer-

den. D. h., die Steuereinheit und ein Verfahren dieser gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen können durch einen dedizierten Computer realisiert werden, der vorgesehen ist, um durch einen Prozessor und einen Speicher konfiguriert zu sein, wobei der Prozessor programmiert ist, um eine oder mehrere Funktionen bereitzustellen, die durch ein Computerprogramm realisiert werden.

[0079] Alternativ können die Steuereinheit und das Verfahren dieser gemäß der vorliegenden Offenbarung durch einen dedizierten Computer realisiert werden, der durch einen Prozessor bereitgestellt wird, der durch eine einzige dedizierte Hardware-Logikschaltung oder mehr konfiguriert ist. Alternativ können die Steuereinheit und das Verfahren dieser gemäß der vorliegenden Offenbarung durch einen einzigen dedizierten Computer oder mehrere realisiert werden, wobei der dedizierte Computer durch eine Kombination aus einem Prozessor, der programmiert ist, um eine oder mehrere Funktionen bereitzustellen, einem Speicher und einem Prozessor, der durch einen Speicher und eine einzige logische Hardwareschaltung oder mehrere konfiguriert ist, konfiguriert ist. Darüber hinaus kann das Computerprogramm auf einem nichtflüchtigen, materiellen Speichermedium gespeichert werden, das von einem Computer als Befehle gelesen werden kann, die von dem Computer ausgeführt werden.

[0080] Die vorliegende Offenbarung ist vorstehend anhand der Ausführungsformen und Variationsbeispiele beschrieben. Die oben beschriebenen Ausführungsformen dienen jedoch nur dazu, das Verständnis für die vorliegende Offenbarung zu erleichtern, und schränken die vorliegende Offenbarung nicht ein. Die vorliegende Offenbarung kann modifiziert und verbessert werden, ohne von Geist und Umfang der Ansprüche der Offenbarung abzuweichen. Darüber hinaus umfasst die vorliegende Offenlegung Äquivalente davon. So können beispielsweise Ausführungsformen, die technischen Merkmale in jedem Aspekt, der in der Kurzdarstellung der Erfindung beschrieben ist, und technischen Merkmalen in den Variationsbeispielen entsprechen, wie jeweils anwendbar ersetzt und kombiniert werden, um einige oder alle der oben beschriebenen Probleme bzw. Aufgaben zu lösen oder um einige oder alle der oben beschriebenen Effekte zu erzielen. Darüber hinaus können die technischen Merkmale wie jeweils anwendbar weggelassen werden, es sei denn, sie sind in der vorliegenden Anmeldung als erforderlich beschrieben.

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

- JP 2019056506 A [0001]
- JP 2017182139 A [0003]

Patentansprüche

1. Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung (100) für ein Fahrzeug (500), aufweisend:
- eine Erfassungseinheit (103), die als ein erstes Erfassungssignal Information über ein verändertes Pixel erfasst, dessen Leuchtdichtewert sich basierend auf einer absoluten Verschiebung eines Fahrbahnoberflächenzustands oder einer relativen Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands in Bezug auf ein sich bewegendes Fahrzeug ändert; und
- eine Steuereinheit (101, Pr2), die einen Typ des Fahrbahnoberflächenzustands unter Verwendung des ersten Erfassungssignals bestimmt.

2. Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Steuereinheit bestimmt, dass der Typ eine hervorstehende Fahrbahnoberfläche ist, wenn sich eine Position des veränderten Pixels in Bezug auf ein Ziel von einem Eigenfahrzeug wegbewegt, während sich das Eigenfahrzeug bewegt, und bestimmt, dass der Typ eine vertiefte Fahrbahnoberfläche ist, wenn sich die Position des veränderten Pixels in Bezug auf das Ziel näher an das Eigenfahrzeug heranbewegt, während sich das Eigenfahrzeug bewegt.

3. Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Steuereinheit unter Verwendung des ersten Erfassungssignals eine Frequenzanalyse von Verschiebungseigenschaften des veränderten Pixels in einer horizontalen Richtung der Fahrbahnoberfläche durchführt und bestimmt, dass der Typ eine nasse Straße ist, die ein Fließen aufweist, wenn eine Amplitude bei einer ersten Frequenz oder niedriger größer als eine erste Amplitude ist.

4. Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Steuereinheit unter Verwendung des ersten Erfassungssignals eine Frequenzanalyse von Verschiebungseigenschaften des veränderten Pixels in einer vertikalen Richtung der Fahrbahnoberfläche durchführt und bestimmt, dass der Typ eine nasse Straße ist, die überflutet ist, wenn eine Amplitude bei einer zweiten Frequenz oder niedriger größer als eine dritte Amplitude ist.

5. Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Steuereinheit bestimmt, dass der Typ eine gefrorene Straße ist, wenn die Amplitude bei der ersten Frequenz oder niedriger kleiner oder gleich als eine zweite Amplitude ist, die kleiner als die erste Amplitude ist.

6. Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Steuereinheit ferner bestimmt, dass der Typ eine gefrorene Straße ist, wenn die Amplitude bei der zweiten Frequenz oder niedriger kleiner oder gleich als die vierte Amplitude ist, die kleiner als die dritte Amplitude ist.

7. Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei
- die Erfassungseinheit ferner ein Abbildungsergebnis des Fahrbahnoberflächenzustands als ein zweites Erfassungssignal erfasst; und
- die Steuereinheit eine Bestimmung unter Verwendung der Frequenzanalyse durchführt, wenn der Fahrbahnoberflächenzustand unter Verwendung des zweiten Erfassungssignals als der nasse Zustand bestimmt wird.

8. Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Steuereinheit den Typ des Fahrbahnoberflächenzustands in einem Bereich der Fahrbahnoberfläche bestimmt, in dem das veränderte Pixel vorhanden ist.

9. Fahrassistenzsystem (10) eines Fahrzeugs, aufweisend:
- eine Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 8;
- einen ersten Detektor (261), der das erste Erfassungssignal ausgibt; und
- eine Fahrassistenz-Ausführungsvorrichtung (31), die eine Fahrassistenz auf der Grundlage eines von der Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsvorrichtung bestimmten Fahrbahnoberflächenzustands durchführt.

10. Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsverfahren, aufweisend:
- Erfassen, als ein erstes Erfassungssignal, von Information über ein verändertes Pixel, dessen Leuchtdichtewert sich basierend auf einer absoluten Verschiebung eines Fahrbahnoberflächenzustands oder einer relativen Verschiebung des Fahrbahnoberflächenzustands relativ zu einem Fahrzeug ändert; und
- Bestimmen eines Typs des Fahrbahnoberflächenzustands unter Verwendung des ersten Erfassungssignals.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

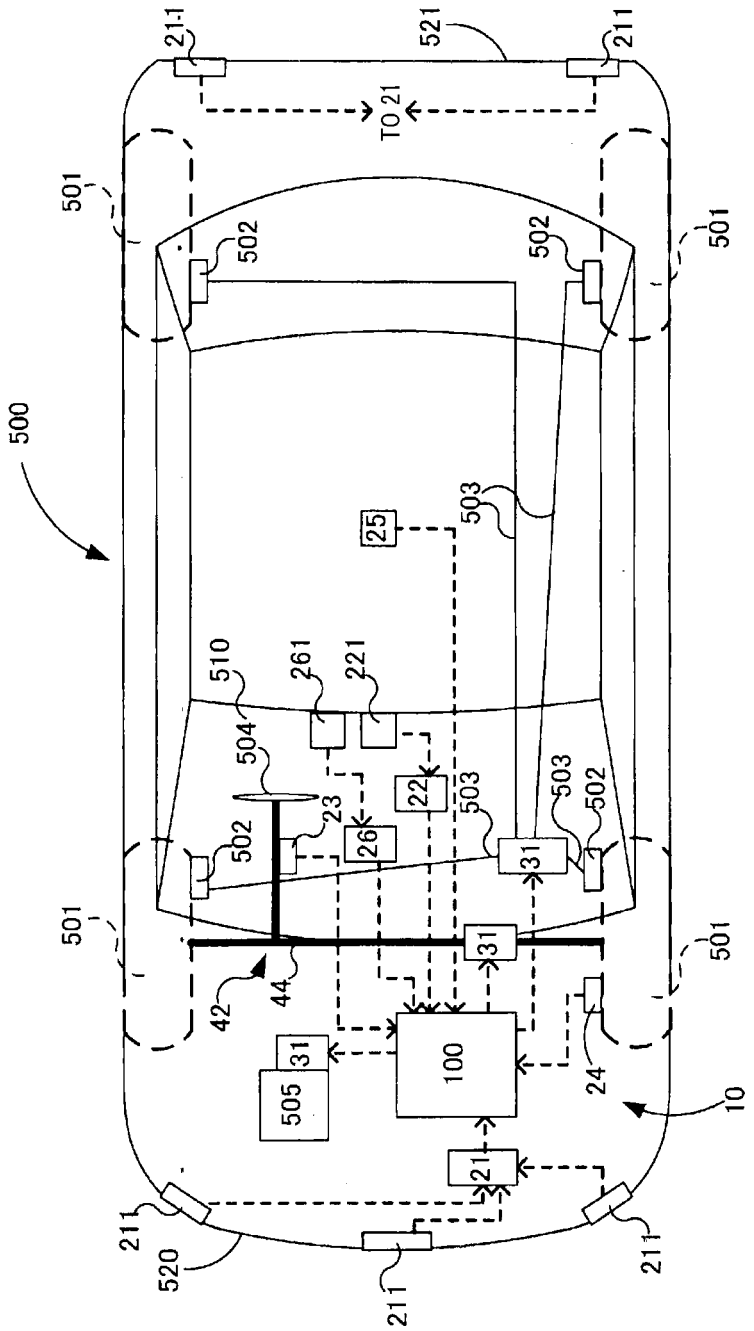


FIG.2

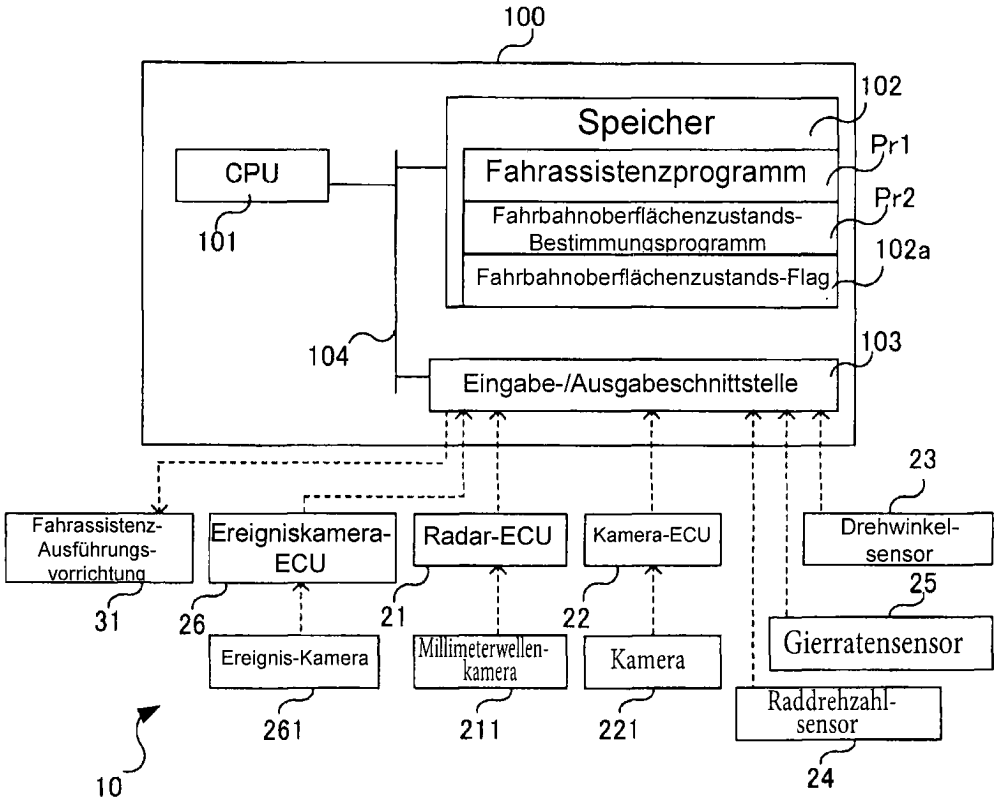

100
102
Speicher
Pr1
CPU
Fahrassistenzprogramm
Pr2
101
Fahrbahnoberflächenzustands-Bestimmungsprogramm
102a
Fahrbahnoberflächenzustands-Flag
104
103
Eingabe-/Ausgabeschnittstelle
23
Fahrassistenz-Ausführungs-vorrichtung
Ereigniskamera-ECU
Radar-ECU
Kamera-ECU
Drehwinkel-sensor
31
26
21
22
25
Gierratensensor
Ereignis-Kamera
Millimeterwellen-kamera
Kamera
Raddrehzahl-sensor
10
261
211
221
24

FIG.3

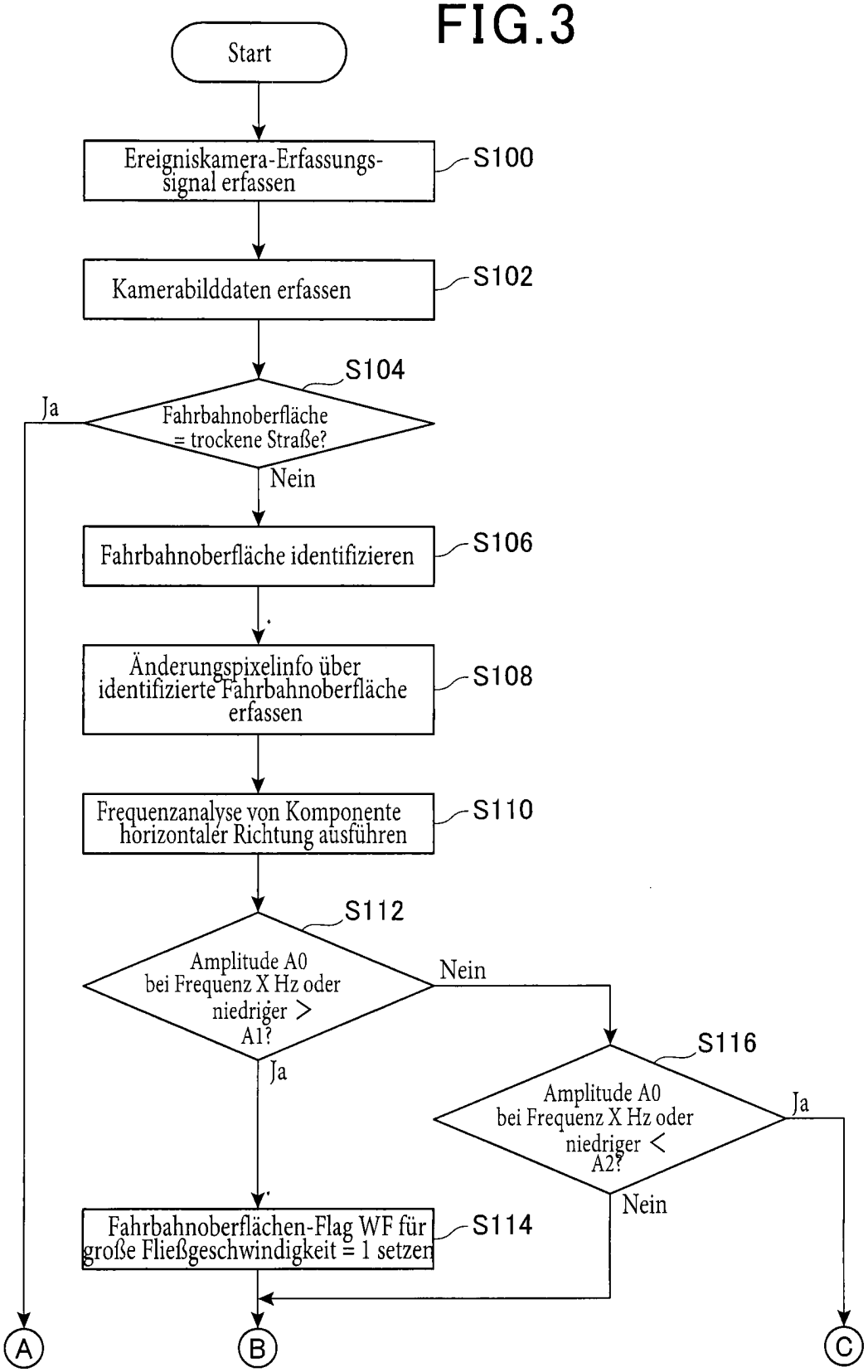

Start
Ereigniskamera-Erfassungs-signal erfassen
S100
Kamerabilddaten erfassen
S102
S104
Fahrbahnoberfläche = trockene Straße?
Ja
Nein
Fahrbahnoberfläche identifizieren
S106
Änderungspixelinfo über identifizierte Fahrbahnoberfläche erfassen
S108
Frequenzanalyse von Komponente horizontaler Richtung ausführen
S110
S112
Amplitude A0 bei Frequenz X Hz oder niedriger > A1?
Nein
Ja
S116
Amplitude A0 bei Frequenz X Hz oder niedriger < A2?
Ja
Nein
Fahrbahnoberflächen-Flag WF für große Fließgeschwindigkeit = 1 setzen
S114
A
B
C

FIG.4

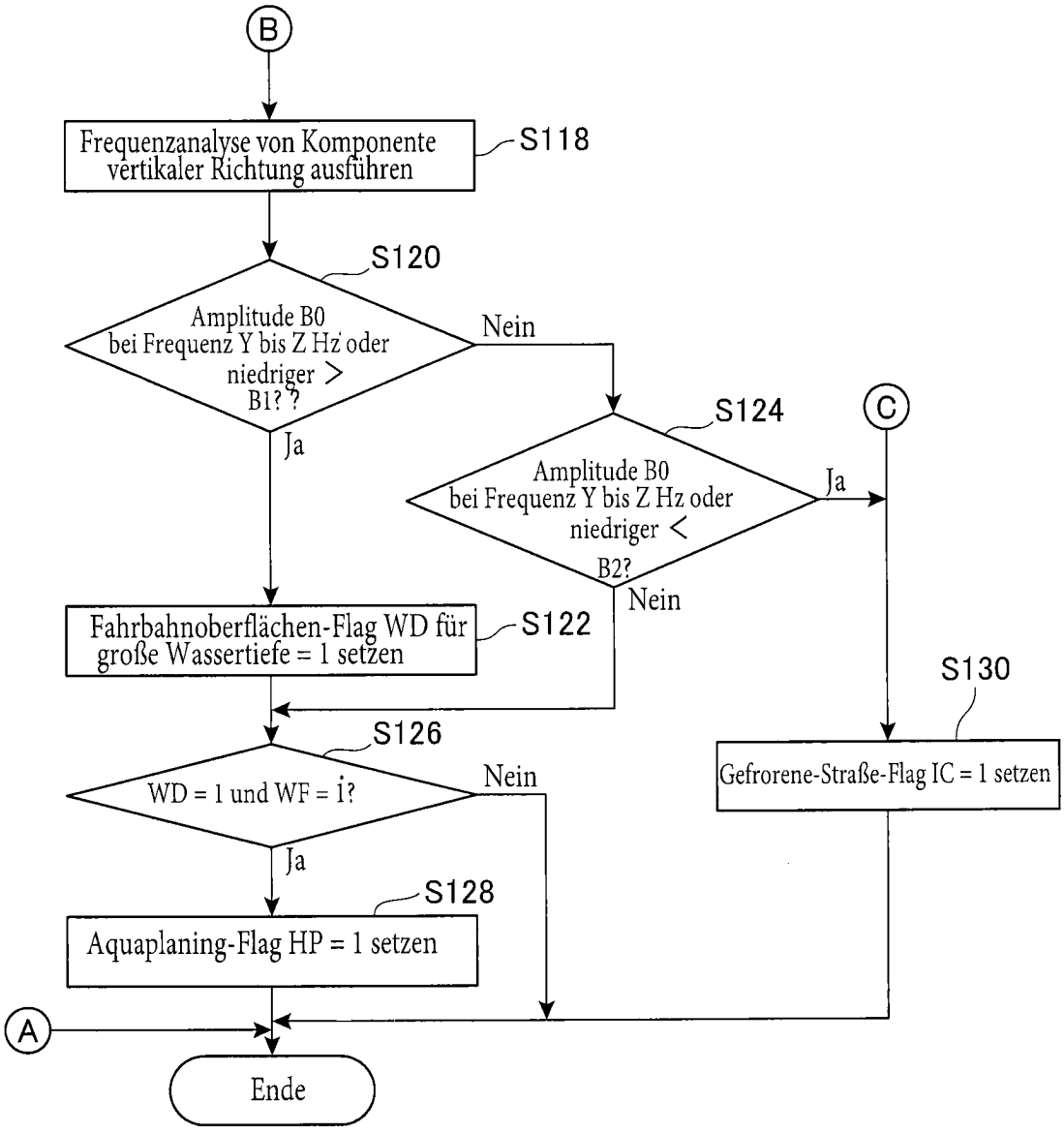

B
Frequenzanalyse von Komponente vertikaler Richtung ausführen
S118
S120
Amplitude B0 bei Frequenz Y bis Z Hz oder niedriger > B1??
Nein
Ja
S124
C
Amplitude B0 bei Frequenz Y bis Z Hz oder niedriger < B2?
Ja
Nein
Fahrbahnoberflächen-Flag WD für große Wassertiefe = 1 setzen
S122
S130
Gefrorene-Straße-Flag IC = 1 setzen
S126
WD = 1 und WF = 1?
Nein
Ja
S128
Aquaplaning-Flag HP = 1 setzen
A
Ende

FIG.5

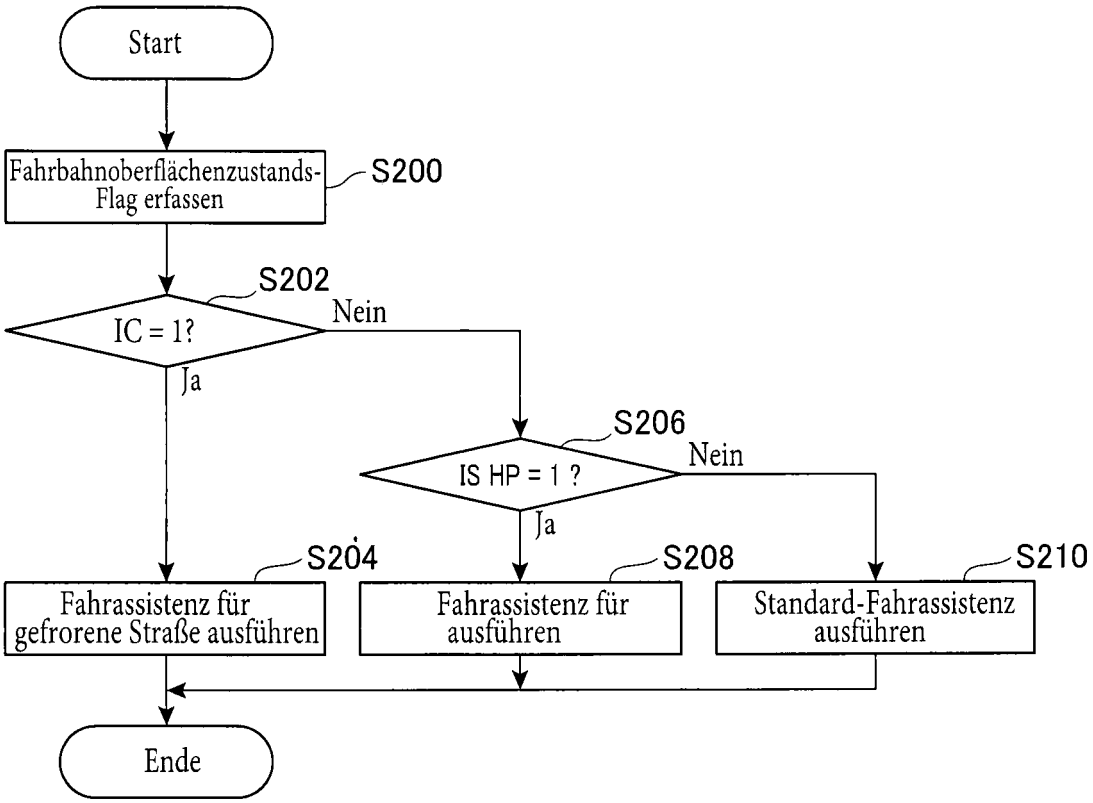

Start
Fahrbahnoberflächenzustands-Flag erfassen
S200
S202
IC = 1?
Nein
Ja
S206
IS HP = 1 ?
Nein
Ja
S204
S208
S210
Fahrassistenz für gefrorene Straße ausführen
Fahrassistenz für ausführen
Standard-Fahrassistenz ausführen
Ende

FIG.6

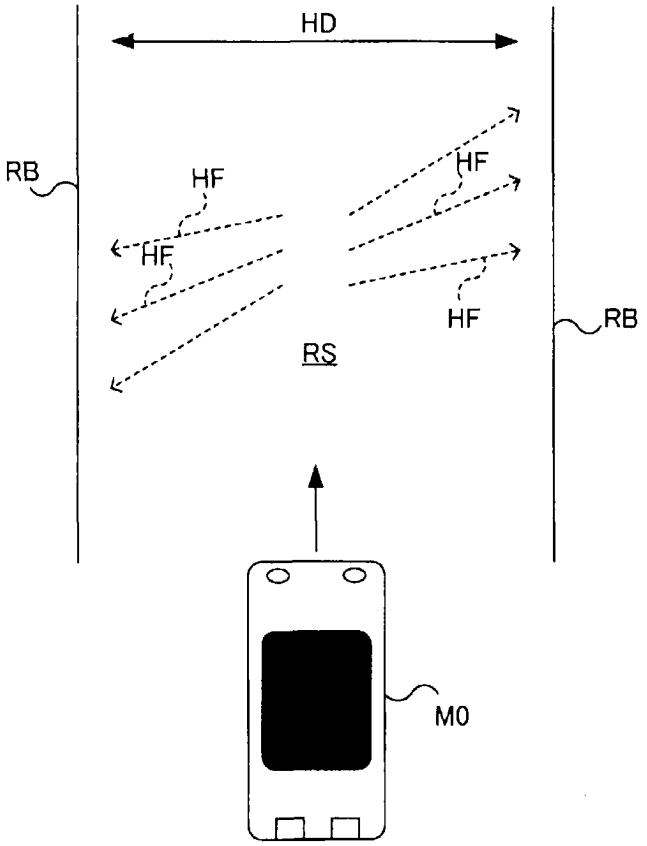


FIG.7

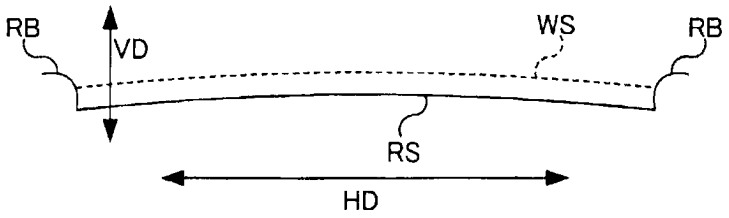
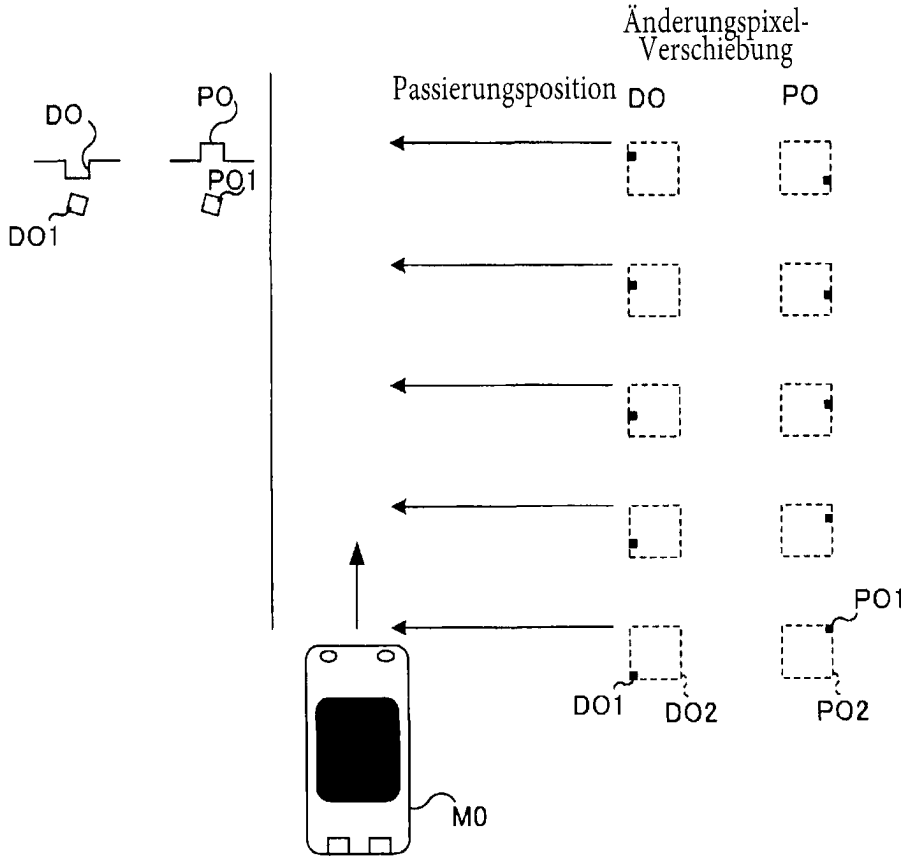


FIG.8



 Das Dokument wurde durch die Firma Jouve hergestellt.