



(10) **DE 10 2023 201 500 A1** 2024.08.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 201 500.5**

(22) Anmeldetag: **21.02.2023**

(43) Offenlegungstag: **22.08.2024**

(51) Int Cl.: **G06V 10/70 (2022.01)**

G06V 20/58 (2022.01)

G06V 10/26 (2022.01)

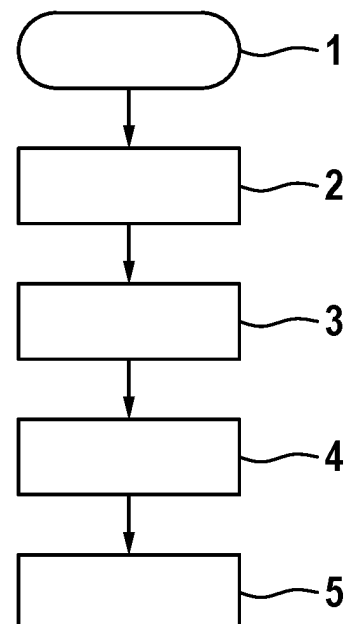
(71) Anmelder:
**Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter
Haftung, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:
**Tananaev, Denis, 71067 Sindelfingen, DE;
Abraham, Steffen, 31134 Hildesheim, DE; Guo, Ze,
14199 Berlin, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, wobei das Verfahren (1) folgende Schritte aufweist: Ermitteln einer Entfernung zu dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt basierend auf den Bilddaten und durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen, wobei das Ermitteln einer Entfernung jeweils ein Transformieren von Koordinaten in einem, einen des wenigstens einen Abstandssensor repräsentierenden Koordinatensystems in Koordinaten in einem eine Grundebene repräsentierenden Koordinatensystem aufweist, und wobei die Trainingsdaten jeweils auf den Bilddaten, einem in diesen erzeugtes Stixel und einer Entfernung zu dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt basieren (5).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens und insbesondere ein verbessertes Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen.

[0002] Algorithmen des maschinellen Lernens basieren darauf, dass Verfahren der Statistik verwendet werden, um eine Datenverarbeitungsanlage derart zu trainieren, dass diese eine bestimmte Aufgabe ausführen kann, ohne dass diese ursprünglich explizit hierzu programmiert wurde. Das Ziel des maschinellen Lernens besteht dabei darin, Algorithmen zu konstruieren, die aus Daten lernen und Vorhersagen treffen können. Diese Algorithmen erstellen mathematische Modelle, mit denen beispielsweise Daten klassifiziert werden können.

[0003] Das Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens erfolgt dabei für gewöhnlich basierend auf Trainingsdaten, beispielsweise durch ein Deep Learning-Verfahren, wobei es sich bei den Trainingsdaten um gelabelte beziehungsweise mit entsprechenden Informationen versehene Daten, welche das tatsächliche Verhalten beziehungsweise Gegebenheiten einer vorliegenden Anwendung, für welche der Algorithmus des maschinellen Lernens trainiert wird, das heißt eines zu modellierenden Systems beziehungsweise eines entsprechenden nachgeordneten Prozesses repräsentieren.

[0004] Angewendet werden derartige Algorithmen des maschinellen Lernens ferner beispielsweise bei der Steuerung von Fahrerassistenzsystemen eines Kraftfahrzeuges und/oder Funktionen eines autonom fahrenden Kraftfahrzeuges. Dabei kann ein entsprechender Algorithmus des maschinellen Lernens beispielsweise ausgebildet sein, Objekte beziehungsweise Hindernisse, beispielsweise andere Kraftfahrzeuge und/oder Fußgänger, in einem durch einen optischen Sensor eines Kraftfahrzeuges erfassten Bilddaten zu detektieren. Das Fahrerassistenzsystem und/oder die Funktion des autonom fahrenden Kraftfahrzeuges kann anschließend basierend auf den detektierten Objekten des Kraftfahrzeuges derart gesteuert werden, dass sicherheitskritische Situationen beim Benutzen beziehungsweise Betreiben des Kraftfahrzeuges vermieden werden können.

[0005] Dabei sind auch Algorithmen des maschinellen Lernens bekannt, welche ausgebildet beziehungsweise basierend auf entsprechenden gelabelten Trainingsdaten trainiert sind, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor eines Kraftfahrzeuges erfassten Bilddaten und jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den Bilddaten zu bestimmen. Vorteilhaft ist hierbei beispielsweise, dass kein entsprechender Abstandssensor, beispielsweise ein Lidar-Sensor zur Bestimmung einer Entfernung zu dem wenigstens einen Stixel vonnöten ist und der Algorithmus des maschinellen Lernens auch bei Kraftfahrzeugen, welche lediglich eine Kamera jedoch keinen entsprechenden Abstandssensor aufweisen, eingesetzt werden kann.

[0006] Ein Stixel ist dabei eine Superpixel-Darstellung von Tiefeninformationen in einem Bild beziehungsweise Bilddaten in Form eines vertikalen Sticks beziehungsweise Stabes, der die nächstgelegenen Hindernisse innerhalb eines bestimmten vertikalen Abschnitts der Szene annähert.

[0007] Als nachteilig erweist sich dabei jedoch, dass häufig nur wenige Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor eines Kraftfahrzeuges erfassten Bilddaten und jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den Bilddaten zu bestimmen, zur Verfügung stehen und bekannte Verfahren zur Erzeugung zusätzlicher Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor eines Kraftfahrzeuges erfassten Bilddaten und jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den Bilddaten zu bestimmen, welche beispielsweise auf morphologischen Operationen beruhen, häufig fehleranfällig sind.

[0008] Aus der Druckschrift DE 10 2019 200 147.5 ist ein Verfahren zum Bereitstellen von Ground-Truth-Daten bekannt, wobei während einer durchgeführten Fahrt aufgezeichnete GPS-Daten bereitgestellt werden, die GPS-Daten zusammen mit Fahrwegen angezeigt werden, und entsprechende Ground-Truth-Daten aus den GPS-Daten durch Selektieren der GPS-Daten zusammen mit dem jeweils zugeordneten Fahrweg generiert werden.

[0009] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu

einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, anzugeben.

[0010] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0011] Die Aufgabe wird zudem auch gelöst durch ein System zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 8.

Offenbarung der Erfindung

[0012] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, wobei das Verfahren ein Erzeugen von Bilddaten, beispielsweise Bilddaten über ein Umfeld eines Kraftfahrzeuges, wobei die Bilddaten auf durch wenigstens einen optischen Sensor erfassten Informationen basieren, wobei der wenigstens eine optische Sensor wenigstens einen Abstandssensor aufweist, ein Bestimmen von in den Bilddaten repräsentierten Objekten, ein Erzeugen von wenigstens einem Stixel aus den Bilddaten basierend auf den bestimmten Objekten, und, für jedes des wenigstens einen Stixels, jeweils ein Bestimmen einer Entfernung zu dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt basierend auf den Bilddaten und durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen aufweist, wobei das Bestimmen einer Entfernung jeweils ein Transformieren von Koordinaten in einem, einen des wenigstens einen Abstandssensor repräsentierenden Koordinatensystems in Koordinaten in einem eine Grundebene repräsentierenden Koordinatensystem aufweist.

[0013] Das Bilddaten, beispielsweise Bilddaten über eine Umgebung eines Kraftfahrzeuges erzeugt wer-

den, bedeutet dabei, dass die Bilddaten durch einen entsprechenden Sensor, beispielsweise eine an dem Kraftfahrzeug befestigte Kamera direkt erfasst werden, oder das von anderen optischen Sensoren des Kraftfahrzeuges, insbesondere einem Lidar-Sensor erfasste Daten in Bilddaten umgewandelt werden.

[0014] Unter Bilddaten werden weiter Daten verstanden, welche mit Hilfe eines speziellen Programmes als Bild bzw. Grafik wiedergegeben werden können.

[0015] Ein Sensor, welcher auch als Detektor, (Messgrößen- oder Mess-)Aufnehmer oder (Mess-)Fühler bezeichnet wird, ist ferner ein technisches Bauteil, das bestimmte physikalische oder chemische Eigenschaften und/oder die stoffliche Beschaffenheit seiner Umgebung qualitativ oder als Messgröße quantitativ erfassen kann.

[0016] Unter einem optischen Sensor wird dabei ein Sensor verstanden, welcher mittels Licht oder vergleichbarer Strahlung Gegenstände erfassen kann. Ein Abstandssensor sind weiter Sensoren, welche den Abstand zwischen dem Sensor und einem Objekt messen. Ein Beispiel eines derartigen Abstandssensors ist ein Lidar-Sensor, welcher mittels Laserstrahlung Objekte, beziehungsweise Gegenstände basierend auf von den Gegenständen reflektierter beziehungsweise zurückgestreuter Strahlung erfassen kann. Lidar-Sensoren werden dabei unter anderem zur Abstandsmessung eingesetzt, wobei basierend auf dem Prinzip der Lichtlaufzeitmessung aus der zurückgestreuten Strahlung Abstände ermittelt werden können.

[0017] Unter einem einen Abstandssensor repräsentierenden Koordinatensystem wird zudem ein Koordinatensystem verstanden, dessen Ursprung mit der Position des Abstandssensors zusammenfällt, und welches Position und Ausrichtung des Abstandssensors definiert.

[0018] Unter einem die Grundebene repräsentierenden Koordinatensystem beziehungsweise einem Koordinatensystem der Grundebene wird ferner ein Weltkoordinatensystem verstanden, dessen Ursprung auf der Grundebene beziehungsweise Boden liegt, und welchem die Koordinaten von auf der Grundebene liegenden Punkten zu entnehmen sind.

[0019] Unter Koordinatentransformationen beziehungsweise Transformationen von Koordinaten werden ferner Umwandlungen beziehungsweise Veränderungen der Koordinatenwerte beim Wechsel von einem Koordinatensystem in ein anderes verstanden.

[0020] Somit können durch vergleichsweise einfache Bildverarbeitungsoperationen und Koordinatentransformationen eine Vielzahl von Stixeln mit entsprechenden Entfernungangaben, beziehungsweise Trainingsdaten zum Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens erzeugt werden, ohne dass hierzu aufwendige und ressourcenintensive Anpassungen beziehungsweise Operationen vonnöten wären. Zudem kann das Verfahren mit relativ einfachen, in gewöhnlich Kraftfahrzeuge bereits verbauten Sensoren realisiert werden.

[0021] Zudem ist das Verfahren, welches auf einer Koordinatentransformation von tatsächlich erfassten Daten basiert, vergleichsweise wenig fehleranfällig. Insbesondere werden Koordinatentransformationen angewendet, wenn sich ein Problem in einem anderen Koordinatensystem leichter lösen lässt, wobei der entsprechende Entfernungswert in dem die Grundebene repräsentierenden Weltkoordinatensystem abgelesen beziehungsweise auch einfache Art und Weise, beispielsweise basierend auf bekannten Normen aus den entsprechenden Koordinaten abgeleitet werden kann.

[0022] Insgesamt wird somit ein verbessertes Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, angegeben.

[0023] In einer Ausführungsform weist der wenigstens eine optische Sensor weiter eine Kamera auf, wobei es sich bei den Bilddaten um durch die Kamera aufgenommene Bilddaten handelt, und wobei der Schritt des Erzeugens von wenigstens einem Stixel ein Erzeugen einer Segmentierung der Bilddaten aufweist.

[0024] Unter einer Segmentierung wird dabei die Einteilung von Bilddaten in einzelne Spalten beziehungsweise inhaltlich zusammenhängende Regionen verstanden.

[0025] Dies hat dabei den Vorteil, dass auch dann zuverlässig und genau genügend Trainingsdaten erzeugt werden können, wenn keine oder nur wenige durch den wenigstens einen Abstandssensor erfasste Daten vorliegen, um die Bilddaten zu erzeugen.

[0026] Dabei kann der Schritt des Erzeugens einer Segmentierung der Bilddaten ein Anwenden eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher trainiert ist Bilddaten zu segmentieren, aufweisen. Hierdurch kann der Schritt des Erzeugens einer Segmen-

tierung automatisiert und weniger fehleranfällig gemacht werden.

[0027] Dabei, dass der Schritt des Erzeugens einer Segmentierung der Bilddaten ein Anwenden eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher trainiert ist Bilddaten zu segmentieren, aufweist, handelt es sich jedoch nur um eine mögliche Ausführungsform. Vielmehr kann die Segmentierung beispielsweise auch durch Anwendung anderer Bildverarbeitungsalgorithmen, welche geeignet sind, eine Segmentierung zu erzeugen, erzeugt werden.

[0028] Weiter können die durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils Informationen über wenigstens einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, an dem durch den wenigstens einen Abstandssensor ausgesendete Strahlen reflektiert werden, aufweisen. Dies hat den Vorteil, dass die Entfernung zu dem entsprechenden Stixel direkt bestimmt werden kann, ohne dass weitere Umrechnungen vonnöten wären, wodurch weiter auch Ressourcen eingespart werden können.

[0029] Insbesondere können die durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen über einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, an dem durch den wenigstens einen Abstandssensor ausgesendete Strahlen reflektiert werden, und welcher wenigstens eine vorgegebene Höhe gegenüber der Grundfläche aufweist, aufweisen.

[0030] Dass ein Punkt wenigstens eine vorgegebene Höhe gegenüber der Grundebene aufweist, bedeutet dabei, dass der entsprechende Punkt entlang einer durch den Punkt verlaufenden Normale beziehungsweise Orthogonale einen entsprechenden Abstand zu einem Schnittpunkt zwischen der Normale und der Grundebene aufweist.

[0031] Hierdurch kann sichergestellt werden, dass die Koordinaten des entsprechenden Punktes in dem wenigstens einen Abstandssensor repräsentierenden Koordinatensystems zuverlässig und auf einfache Art und Weise in Koordinaten in dem die Grundebene repräsentierenden Koordinatensystem transformiert werden können.

[0032] Mit einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird auch ein Verfahren zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, angegeben, wobei das Verfahren ein

Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens, wobei die Trainingsdaten durch ein obenstehend beschriebenes Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, erzeugt werden, und ein Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens basierend auf den erzeugten Trainingsdaten aufweist.

[0033] Somit wird ein Verfahren zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, angegeben, welches auf durch ein verbessertes Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, erzeugten Trainingsdaten basiert. Insbesondere können dabei durch vergleichsweise einfache Bildverarbeitungsoperationen und Koordinatentransformationen eine Vielzahl von Stixeln mit entsprechenden Entfernungsangaben, beziehungsweise Trainingsdaten zum Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens erzeugt werden, ohne dass hierzu aufwendige und ressourcenintensive Anpassungen beziehungsweise Operationen vonnöten wären. Zudem kann das Verfahren mit relativ einfachen, in gewöhnlich Kraftfahrzeuge bereits verbauten Sensoren realisiert werden. Zudem ist das Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten, welches auf einer Koordinatentransformation von tatsächlich erfassten Daten basiert, vergleichsweise wenig fehleranfällig. Insbesondere werden Koordinatentransformationen angewendet, wenn sich ein Problem in einem anderen Koordinatensystem leichter lösen lässt, wobei der entsprechende Entfernungswert in dem die Grundebene repräsentierenden Weltkoordinatensystem abgelesen beziehungsweise auch einfache Art und Weise, beispielsweise basierend auf bekannten Normen aus den entsprechenden Koordinaten abgeleitet werden kann.

[0034] Mit einer weiteren Ausführungsform wird weiter auch ein Verfahren zum Steuern eines steuerbaren Systems durch einen Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein

Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, angegeben, wobei das Verfahren ein Bereitstellen eines Algorithmus des maschinellen Lernens zum Steuern des steuerbaren Systems, wobei der Algorithmus des maschinellen Lernens ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, und wobei der Algorithmus des maschinellen Lernens durch ein obenstehend beschriebenes Verfahren zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, trainiert wurde, und ein Steuern des steuerbaren Systems basierend auf dem bereitgestellten Algorithmus des maschinellen Lernens aufweist.

[0035] Unter einem steuerbaren System wird hierbei insbesondere ein Robotiksystem, beispielsweise ein Fahrerassistenzsystem eines Kraftfahrzeuges oder eine Funktion eines autonom fahrenden Kraftfahrzeuges verstanden.

[0036] Somit wird ein Verfahren zum Steuern eines steuerbaren Systems basierend auf einem Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, angegeben, wobei der Algorithmus des maschinellen Lernens basierend auf durch ein verbessertes Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und jeweils eine Entfernung zu dem wenigstens einen Stixel aus den Bilddaten zu bestimmen, erzeugten Trainingsdaten trainiert wurde. Insbesondere können dabei durch vergleichsweise einfache Bildverarbeitungsoperationen und Koordinatentransformationen eine Vielzahl von Stixeln mit entsprechenden Entfernungsangaben, beziehungsweise Trainingsdaten zum Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens erzeugt werden, ohne dass hierzu aufwendige und ressourcenintensive Anpassungen beziehungsweise Operationen vonnöten wären. Zudem kann das Verfahren mit relativ einfachen, in gewöhnlich Kraftfahrzeuge bereits verbauten Sensoren realisiert werden.

Zudem ist das Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten, welches auf einer Koordinatentransformation von tatsächlich erfassten Daten basiert, vergleichsweise wenig fehleranfällig. Insbesondere werden Koordinatentransformationen angewendet, wenn sich ein Problem in einem anderen Koordinatensystem leichter lösen lässt, wobei der entsprechende Entfernungswert in dem die Grundebene repräsentierenden Weltkoordinatensystem abgelesen beziehungsweise auch einfache Art und Weise, beispielsweise basierend auf bekannten Normen aus den entsprechenden Koordinaten abgeleitet werden kann.

[0037] Mit einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird zudem auch ein System zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, angegeben, wobei das System eine erste Erzeugungseinheit, welche ausgebildet ist, Bilddaten zu erzeugen, wobei die Bilddaten auf durch wenigstens einen optischen Sensor erfassten Informationen basieren, wobei der wenigstens eine optische Sensor wenigstens einen Abstandssensor aufweist, aufweist, und wobei das System weiter eine erste Ermittlungseinheit, welche ausgebildet ist, in den Bilddaten repräsentierte Objekte zu ermitteln, eine zweite Erzeugungseinheit, welche ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel aus den Bilddaten basierend auf den ermittelten Objekten zu erzeugen, und eine zweite Ermittlungseinheit, welche ausgebildet ist, für jedes des wenigstens einen Stixels, jeweils eine Entfernung zu dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt basierend auf den Bilddaten und durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen zu ermitteln, wobei das Ermitteln einer Entfernung jeweils ein Transformieren von Koordinaten in einem, einen den wenigstens einen Abstandssensor repräsentierenden Koordinatensystems in Koordinaten in einem die Grundebene repräsentierenden Koordinatensystem aufweist, und wobei die Trainingsdaten jeweils auf den Bilddaten, einem in diesen erzeugtes Stixel und einer Entfernung zu dem durch das entsprechende Stixel repräsentierte Objekt basieren.

[0038] Somit wird ein verbessertes System zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, angegeben. Dabei können durch vergleichs-

weise einfache Bildverarbeitungsoperationen und Koordinatentransformationen eine Vielzahl von Stixeln mit entsprechenden Entfernungangaben, beziehungsweise Trainingsdaten zum Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens erzeugt werden, ohne dass hierzu aufwendige und ressourcenintensive Anpassungen beziehungsweise Operationen vonnöten wären. Zudem kann das System mit relativ einfachen, in gewöhnlich Kraftfahrzeuge bereits verbauten Sensoren realisiert werden. Zudem ist die Erzeugung von Trainingsdaten durch das System, welche auf einer Koordinatentransformation von tatsächlich erfassten Daten basiert, vergleichsweise wenig fehleranfällig. Insbesondere werden Koordinatentransformationen angewendet, wenn sich ein Problem in einem anderen Koordinatensystem leichter lösen lässt, wobei der entsprechende Entfernungswert in dem die Grundebene repräsentierenden Weltkoordinatensystem abgelesen beziehungsweise auch einfache Art und Weise, beispielsweise basierend auf bekannten Normen aus den entsprechenden Koordinaten abgeleitet werden kann.

[0039] In einer Ausführungsform weist der wenigstens eine optische Sensor weiter eine Kamera auf, wobei es sich bei den Bilddaten um durch die Kamera aufgenommene Bilddaten handelt, und wobei die erste Erzeugungseinheit ausgebildet ist, eine Segmentierung der Bilddaten zu erzeugen. Dies hat dabei den Vorteil, dass auch dann zuverlässig und genau genügend Trainingsdaten erzeugt werden können, wenn keine oder nur wenige durch den wenigstens einen Abstandssensor erfasste Daten vorliegen, um die Bilddaten zu erzeugen.

[0040] Dabei kann die erste Erzeugungseinheit ausgebildet sein, einen Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher trainiert ist, Bilddaten zu segmentieren, anzuwenden, um die Bilddaten zu segmentieren. Hierdurch kann die Erzeugung einer Segmentierung automatisiert und weniger fehleranfällig gemacht werden.

[0041] Dabei, dass die erste Erzeugungseinheit ausgebildet ist, einen Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher trainiert ist Bilddaten zu segmentieren, anzuwenden, handelt es sich jedoch nur um eine mögliche Ausführungsform. Vielmehr kann die erste Erzeugungseinheit auch ausgebildet ein, andere Bildverarbeitungsalgorithmen, welche geeignet sind, eine Segmentierung zu erzeugen, anzuwenden.

[0042] Weiter können die durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils Informationen über wenigstens einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, an dem durch den Lidar-Sensor ausgesendete Strahlen

reflektiert werden, aufweisen. Dies hat den Vorteil, dass die Entfernung zu dem entsprechenden Stixel direkt bestimmt werden kann, ohne dass weitere Umrechnungen vonnöten wären, wodurch weiter auch Ressourcen eingespart werden können.

[0043] Insbesondere können die durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen über einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, an dem durch den wenigstens einen Abstandssensor ausgesendete Strahlen reflektiert werden, und welcher wenigstens eine vorgegebene Höhe gegenüber der Grundfläche aufweist, aufweisen. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass die Koordinaten des entsprechenden Punktes in dem wenigstens einen optischen Sensors repräsentierenden Koordinatensystems zuverlässig und auf einfache Art und Weise in Koordinaten in dem die Grundebene repräsentierenden Koordinatensystem transformiert werden können.

[0044] Mit einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird außerdem auch ein System zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, angegeben, wobei das System eine Bereitstellungseinheit, welche ausgebildet ist, Trainingsdaten zum Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens bereitzustellen, wobei die Trainingsdaten durch ein obenstehend beschriebenes System zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, erzeugt wurden, und eine Trainingseinheit, welche ausgebildet ist, den Algorithmus des maschinellen Lernens basierend auf den bereitgestellten Trainingsdaten zu trainieren, aufweist.

[0045] Somit wird ein System zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, angegeben, welches auf durch ein verbessertes System zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils

eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, erzeugten Trainingsdaten basiert. Insbesondere können dabei durch vergleichsweise einfache Bildverarbeitungsoperationen und Koordinatentransformationen eine Vielzahl von Stixeln mit entsprechenden Entfernungangaben, beziehungsweise Trainingsdaten zum Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens erzeugt werden, ohne dass hierzu aufwendige und ressourcenintensive Anpassungen beziehungsweise Operationen vonnöten wären. Zudem kann das System mit relativ einfachen, in gewöhnlich Kraftfahrzeuge bereits verbauten Sensoren realisiert werden. Zudem ist die Erzeugung von Trainingsdaten durch das System zum Erzeugen von Trainingsdaten, welche auf einer Koordinatentransformation von tatsächlich erfassten Daten basiert, vergleichsweise wenig fehleranfällig. Insbesondere werden Koordinatentransformationen angewendet, wenn sich ein Problem in einem anderen Koordinatensystem leichter lösen lässt, wobei der entsprechende Entfernungswert in dem die Grundebene repräsentierenden Weltkoordinatensystem abgelesen beziehungsweise auch einfache Art und Weise, beispielsweise basierend auf bekannten Normen aus den entsprechenden Koordinaten abgeleitet werden kann.

[0046] Mit einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird ferner auch ein System zum Steuern eines steuerbaren Systems basierend auf einem Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, angegeben, wobei das System eine Bereitstellungseinheit, welche ausgebildet ist, einen Algorithmus des maschinellen Lernens zum Steuern des steuerbaren Systems bereitzustellen, wobei der Algorithmus des maschinellen Lernens ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, und wobei der Algorithmus des maschinellen Lernens durch ein obenstehend beschriebenes Verfahren zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, trainiert wurde, und eine Steuereinheit, welche ausgebildet ist, das steuerbare System basierend auf dem bereit-

gestellten Algorithmus des maschinellen Lernens zu steuern, aufweist.

[0047] Somit wird ein System zum Steuern eines steuerbaren Systems basierend auf einem Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, angegeben, wobei der Algorithmus des maschinellen Lernens basierend auf durch ein verbessertes System zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welches ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, erzeugten Trainingsdaten trainiert wurde. Insbesondere können dabei durch vergleichsweise einfache Bildverarbeitungsoperationen und Koordinatentransformationen eine Vielzahl von Stixeln mit entsprechenden Entfernungsangaben, beziehungsweise Trainingsdaten zum Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens erzeugt werden, ohne dass hierzu aufwendige und ressourcenintensive Anpassungen beziehungsweise Operationen vonnöten wären. Zudem kann das System mit relativ einfachen, in gewöhnlich Kraftfahrzeuge bereits verbauten Sensoren realisiert werden. Zudem ist die Erzeugung von Trainingsdaten durch das System zum Erzeugen von Trainingsdaten, welche auf einer Koordinatentransformation von tatsächlich erfassten Daten basiert, vergleichsweise wenig fehleranfällig. Insbesondere werden Koordinatentransformationen angewendet, wenn sich ein Problem in einem anderen Koordinatensystem leichter lösen lässt, wobei der entsprechende Entfernungswert in dem die Grundebene repräsentierenden Weltkoordinatensystem abgelesen beziehungsweise auch einfache Art und Weise, beispielsweise basierend auf bekannten Normen aus den entsprechenden Koordinaten abgeleitet werden kann.

[0048] Zusammenfassend ist festzustellen, dass mit der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens und insbesondere ein verbessertes Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, angegeben wird.

[0049] Die beschriebenen Ausgestaltungen und Weiterbildungen lassen sich beliebig miteinander kombinieren.

[0050] Weitere mögliche Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Merkmalen der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0051] Die beiliegenden Zeichnungen sollen ein weiteres Verständnis der Ausführungsformen der Erfindung vermitteln. Sie veranschaulichen Ausführungsformen und dienen im Zusammenhang mit der Beschreibung der Erklärung von Prinzipien und Konzepten der Erfindung.

[0052] Andere Ausführungsformen und viele der genannten Vorteile ergeben sich im Hinblick auf die Zeichnungen. Die dargestellten Elemente der Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu zueinander gezeigt.

[0053] Es zeigen:

Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, gemäß Ausführungsformen der Erfindung;

Fig. 2 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Systems zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, gemäß Ausführungsformen der Erfindung.

Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu

bestimmen, gemäß einer ersten Ausführungsformen der Erfindung; und

Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, gemäß einer zweiten Ausführungsformen der Erfindung.

[0054] In den Figuren der Zeichnungen bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Elemente, Bauteile oder Komponenten, soweit nichts Gegenteiliges angegeben ist.

[0055] **Fig. 1** zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen 1, gemäß Ausführungsformen der Erfindung.

[0056] Stixel haben sich als kompakte und effiziente Möglichkeit erwiesen, durch einen optischen Sensor, beispielsweise eine Videokamera eines Kraftfahrzeuges, erfasste Bilddaten zur Weiterverarbeitung durch nachgeordnete Prozesse, beispielsweise Fahrerassistenzsysteme eines Kraftfahrzeuges oder Funktionen eines autonom fahrenden Kraftfahrzeuges, aufzubereiten.

[0057] Ein Stixel ist dabei eine Superpixel-Darstellung von Tiefeninformationen in einem Bild beziehungsweise Bilddaten in Form eines vertikalen Sticks beziehungsweise Stabes, der die nächstgelegenen Hindernisse innerhalb eines bestimmten vertikalen Abschnitts der Szene annähert.

[0058] Derartige Stixel können dabei beispielsweise basierend auf Bilddaten und Bewegungsalgorithmen ermittelt werden. Zudem sind auch Algorithmen des maschinellen Lernens bekannt, welche ausgebildet beziehungsweise basierend auf entsprechenden gelabelten Trainingsdaten trainiert sind, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen. Vorteilhaft ist hierbei beispielsweise, dass kein entsprechender Abstandssensor, beispielsweise ein Lidar-Sensor zur Bestimmung einer Entfernung zu dem wenigstens einen Sti-

xel vonnöten ist und der Algorithmus des maschinellen Lernens auch bei Kraftfahrzeugen, welche lediglich eine Kamera jedoch keinen entsprechenden Abstandssensor aufweisen, eingesetzt werden kann.

[0059] Als nachteilig erweist sich dabei jedoch, dass häufig nur wenige Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, zur Verfügung stehen und bekannte Verfahren zur Erzeugung zusätzlicher Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, häufig fehleranfällig sind.

[0060] **Fig. 1** zeigt dabei ein Verfahren 1, welches einen Schritt 2 eines Erzeugens von Bilddaten, beispielsweise Bilddaten über eine Umgebung eines Kraftfahrzeuges, wobei die Bilddaten auf durch wenigstens einen optischen Sensor erfassten Informationen basieren, wobei der wenigstens eine optische Sensor wenigstens einen Abstandssensor aufweist, einen Schritt 3 eines Ermitteln von in den Bilddaten repräsentierten Objekten, einen Schritt 4 eines Erzeugens von wenigstens einem Stixel aus den Bilddaten basierend auf den bestimmten Objekten, und einen Schritt 5 eines, für jedes des wenigstens einen Stixels, jeweiligen Bestimmens einer Entfernung zu dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt basierend auf den Bilddaten und durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen aufweist, wobei das Bestimmen einer Entfernung jeweils ein Transformieren von Koordinaten in einem, einen den wenigstens einen Abstandssensor repräsentierenden Koordinatensystems in Koordinaten in einem eine Grundebene repräsentierenden Koordinatensystem aufweist.

[0061] Somit können durch vergleichsweise einfache Bildverarbeitungsoperationen und Koordinatentransformationen eine Vielzahl von Stixeln mit entsprechenden Entfernungsangaben, beziehungsweise Trainingsdaten zum Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens erzeugt werden, ohne dass hierzu aufwendige und ressourcenintensive Anpassungen beziehungsweise Operationen vonnöten wären. Zudem kann das Verfahren mit relativ einfachen, in gewöhnlich Kraftfahrzeuge bereits verbauten Sensoren realisiert werden.

[0062] Zudem ist das Verfahren 1, welches auf einer Koordinatentransformation von tatsächlich erfassten Daten basiert, vergleichsweise wenig fehleranfällig. Insbesondere werden Koordinatentransformationen angewendet, wenn sich ein Problem in einem anderen Koordinatensystem leichter lösen lässt, wobei der entsprechende Entfernungswert in dem die Grundebene repräsentierenden Weltkoordinatensystem abgelesen beziehungsweise auch einfache Art und Weise, beispielsweise basierend auf bekannten Normen aus den entsprechenden Koordinaten abgeleitet werden kann.

[0063] Insgesamt wird somit ein verbessertes Verfahren 1 zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, angegeben.

[0064] Bei dem Algorithmus des maschinellen Lernens kann es sich dabei beispielsweise um ein künstliches neuronales Netz handeln.

[0065] Gemäß den Ausführungsformen der **Fig. 1** weist der wenigstens eine optische Sensor weiter eine Kamera auf, wobei es sich bei den Bilddaten um durch die Kamera aufgenommene Bilddaten handelt, und wobei der Schritt 4 des Erzeugens von wenigstens einem Stixel ein Erzeugen einer Segmentierung der Bilddaten aufweist.

[0066] Insbesondere können die einzelnen Stixel dabei dadurch erzeugt werden, dass die Bilddaten zunächst segmentiert werden, wobei anschließend für jedes detektierte beziehungsweise ermittelte Objekt dessen konvexe Hülle ermittelt wird und die ermittelte konvexe Hülle jeweils derart ausgefüllt wird, dass dieses als ein durchgängiger Bereich erscheint, wobei das Ausfüllen ein Ausfüllen bis zu einem Boden beziehungsweise einer Grundebene aufweisen kann, und wobei zunächst die größeren Objekte ausgefüllt werden können. Anschließend werden die Bilddaten in Spalten eingeteilt, wobei für jede Spalte jeweils ein höchster und niedrigster Punkt, beziehungsweise ein Start- und ein Endpunkt der konvexen Hülle des in der entsprechenden Spalte vordergründig, beziehungsweise einem Betrachter der Bilddaten am nächsten erscheinenden Objektes ermittelt wird. Falls ein derartiger höchster und ein derartiger niedrigster Punkt jedoch nicht ermittelt werden können, kann das Verfahren für die entsprechende Spalte abgebrochen werden.

[0067] Falls jedoch keine Kamera zum Aufnehmen von Bilddaten vorhanden ist, können die Bilddaten ferner auch basierend auf von anderen Sensoren

erfassten Daten, beispielsweise einem Abstandssensor wie einem Lidar-Sensor, durch Anwenden eines Algorithmus auf die erfassten Daten, welcher ausgebildet ist, die erfassten Sensordaten in Bilddaten umzuwandeln, erzeugt werden.

[0068] Bei der Segmentierung kann es sich ferner um eine Instanz-Segmentierung handeln. Dies verhindert, dass eine gemeinsame konvexe Hülle für Objekte, welche in den Bilddaten überlagernd beziehungsweise unmittelbar aneinander angrenzend repräsentiert werden.

[0069] Gemäß den Ausführungsformen der **Fig. 1** weist das Erzeugen einer Segmentierung der Bilddaten zudem ein Anwenden eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher trainiert ist Bilddaten zu segmentieren, auf.

[0070] Die durch den wenigstens Abstandssensor erfassten Informationen weisen ferner wiederum für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils Informationen über wenigstens einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, an dem durch den wenigstens einen Abstandssensor ausgesendete Strahlen reflektiert werden, auf.

[0071] Insbesondere kann dabei, für jedes des wenigstens einen Stixels, basierend auf den durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen überprüft werden, ob die Informationen über wenigstens einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, welcher zwischen dem höchsten Punkt und dem niedrigsten Punkt der konvexen Hülle des durch das entsprechende Stixel repräsentierten Objektes auf der entsprechenden konvexen Hülle liegt, aufweisen. Falls derartige Informationen dabei nicht ermittelt werden können, kann das Verfahren für das entsprechende Stixel beziehungsweise die entsprechende Spalte wiederum abgebrochen werden.

[0072] Gemäß den Ausführungsformen der **Fig. 1** weisen die die durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen Informationen über einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, an dem durch den wenigstens einen Abstandssensor ausgesendete Strahlen reflektiert werden, und welcher wenigstens eine vorgegebene Höhe gegenüber der Grundfläche aufweist, auf.

[0073] Insbesondere kann dabei basierend auf den Informationen über den wenigstens einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, welcher zwischen dem höchsten Punkt und dem niedrigsten Punkt der konvexen Hülle des in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objektes auf der entsprechenden konvexen Hülle liegt, derjenige Punkt ermittelt werden, welcher die kürzeste

Entfernung zu dem wenigstens einen Abstandssensor aufweist, und welcher gleichzeitig wenigstens die vorgegebene Höhe gegenüber der Grundfläche aufweist.

[0074] Anschließend kann dabei basierend auf dem gefundenen Punkt beziehungsweise den entsprechenden Informationen durch Transformieren von entsprechenden Koordinaten in einem, einen des wenigstens einen Abstandssensor repräsentierenden Koordinatensystems in Koordinaten in einem eine Grundebene repräsentierenden Koordinatensystem eine Entfernung zu dem in dem entsprechende Stixel repräsentierten Objekt ermittelt werden. Falls es sich bei dem Objekt um ein überhängendes Objekt, das heißt ein Objekt, welches nach hinten hinausragt, beziehungsweise einen hinausragenden Teil aufweist, kann die ermittelte Entfernung zudem noch durch Anwendung eines entsprechenden Korrekturalgorithmus, beziehungsweise Überhang-Korrekturalgorithmus angepasst werden.

[0075] Somit beschreibt **Fig. 1** ein Verfahren, welches neben wenigstens einem Stixel auch Informationen über eine Entfernung von dem wenigstens einen Abstandssensor zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt erzeugt.

[0076] Die Trainingsdaten zum Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens basieren dabei jeweils auf den Bilddaten, einem in diesen erzeugtes Stixel und einer Entfernung zu dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt basieren

[0077] Die Trainingsdaten können anschließend zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, verwendet werden.

[0078] Dabei kann der Algorithmus des maschinellen Lernens basierend auf entsprechenden gelabelten Trainingsdaten beispielsweise trainiert werden, einen steuerbares System zu steuern, wobei es sich bei dem steuerbaren System beispielsweise um ein Fahrerassistenzsystem eines Kraftfahrzeuges oder eine Funktion eines autonom fahrenden Kraftfahrzeuges, wie eine adaptive Geschwindigkeitsregelung, handeln.

[0079] **Fig. 2** zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Systems zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels

jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen 10, gemäß Ausführungsformen der Erfindung.

[0080] Wie **Fig. 2** zeigt, weist das System dabei eine erste Erzeugungseinheit 11, welche ausgebildet ist, Bilddaten zu erzeugen, wobei die Bilddaten auf durch wenigstens einen optischen Sensor erfassten Informationen basieren, wobei der wenigstens eine optische Sensor wenigstens einen Abstandssensor aufweist, aufweist, und wobei das System 10 weiter eine erste Ermittlungseinheit 12, welche ausgebildet ist, in den Bilddaten repräsentierte Objekte zu ermitteln, eine zweite Erzeugungseinheit 13, welche ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel aus den Bilddaten basierend auf den ermittelten Objekten zu erzeugen, und eine zweite Ermittlungseinheit 14, welche ausgebildet ist, für jedes des wenigstens einen Stixels, jeweils eine Entfernung zu dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt basierend auf den Bilddaten und durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen zu ermitteln, wobei das Ermitteln einer Entfernung jeweils ein Transformieren von Koordinaten in einem, einen den wenigstens einen Abstandssensor repräsentierenden Koordinatensystems in Koordinaten in einem eine Grundebene repräsentierenden Koordinatensystem aufweist, und wobei die Trainingsdaten jeweils auf den Bilddaten, einem in diesen erzeugtes Stixel und einer Entfernung zu dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt basieren.

[0081] Die erste Erzeugungseinheit kann dabei einen Empfänger aufweisen, welcher ausgebildet ist, entsprechende Sensordaten zu empfangen, und ferner basierend auf einem in einem Speicher hinterlegten und durch einen Prozessor ausführbaren Code realisiert werden. Die erste Ermittlungseinheit, die zweite Erzeugungseinheit und die zweite Ermittlungseinheit können ferner jeweils beispielsweise basierend auf einem in einem Speicher hinterlegten und durch einen Prozessor ausführbaren Code realisiert werden.

[0082] Gemäß den Ausführungsformen der **Fig. 2** weist der wenigstens eine optische Sensor weiter eine Kamera auf, wobei es sich bei den Bilddaten um durch die Kamera aufgenommene Bilddaten handelt, und wobei die erste Erzeugungseinheit 11 ausgebildet ist, eine Segmentierung der Bilddaten zu erzeugen.

[0083] Dabei ist die erste Erzeugungseinheit 11 insbesondere ausgebildet, einen Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher trainiert ist Bilddaten zu segmentieren, anzuwenden, um die Bilddaten zu segmentieren.

[0084] Gemäß den Ausführungsformen der **Fig. 2** weisen die durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen wiederum für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils Informationen über wenigstens einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, an dem durch den Lidar-Sensor ausgesendete Strahlen reflektiert werden, auf.

[0085] Insbesondere weisen die die durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen wiederum Informationen über einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, an dem durch den wenigstens einen Abstandssensor ausgesendete Strahlen reflektiert werden, und welcher wenigstens eine vorgegebene Höhe gegenüber der Grundfläche aufweist, auf.

[0086] Bei dem wenigstens einen Abstandssensor kann es sich dabei beispielsweise um einen Lidar-Sensor handeln.

[0087] Zudem ist das dargestellte System 10 ausgebildet, ein obenstehend beschriebenes Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt, auszuführen.

[0088] **Fig. 3** zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen 20, gemäß einer ersten Ausführungsformen der Erfindung.

[0089] Dabei werden in einem Schritt 21 Sensordaten empfangen, insbesondere Bilddaten von einer Kamera und dichte Lidar-Daten, beziehungsweise Lidar-Daten mit einer hohen Erfassungsdichte beziehungsweise einer Lidar-Punktwolke mit hoher Dichte.

[0090] Anschließend werden in einem Schritt 22 basierend auf der Lidar-Punktwolke Lidar-Bodenpunkte (Ground), das heißt Punkte, welche einen Boden repräsentieren, und Punkte, welche ein Objekt repräsentieren (L_obstacle), bestimmt, beispielsweise mittels eines Plane Fit Algorithm.

[0091] In einem Schritt 23 werden dann die Lidar-Bodenpunkte mit Hilfe von Kamera- und Lidar-Extrinsik, Kamera-Intrinsik und einem entsprechenden

Projektionsmodell auf das Kamerabild projiziert, um ein Tiefenbild für die repräsentierten Objekte zu erhalten.

[0092] In einem Schritt 24 wird dieses Tiefenbild dann in Stäbe beziehungsweise vertikale Sticks mit fester Breite aufgeteilt, wobei in einem Schritt 25 für jeden Stab entsprechende Bodenpunkte innerhalb des entsprechenden Stabs bestimmt werden.

[0093] Anschließend wird in einem Schritt 26 für jeden Stab jeweils der Punkt ermittelt, der dem Kamerapunkt, beziehungsweise Zentrum der Kamera parallel zur Bodenrichtung am nächsten liegt.

[0094] In einem Schritt 27 finden wird dann der diesem Punkt nächstgelegenen Bodenpunkt innerhalb des entsprechenden Stabes ermittelt, wobei basierend auf diesem Bodenpunkt der dem Bodenpunkt am nächsten gelegene Punkt der entsprechenden Objektrepräsentation und anschließend der höchste Punkt der entsprechenden Objektrepräsentation ermittelt wird.

[0095] **Fig. 4** zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen 30, gemäß einer zweiten Ausführungsformen der Erfindung.

[0096] Dabei werden in einem Schritt 31 Sensordaten empfangen, insbesondere ein semantisch segmentiertes einer Kamera und eine spärliche Punktwolke eines Lidar-Sensors.

[0097] In einem Schritt 32 wird dann eine konvexe Hülle berechnet, um die Repräsentation der über dem Boden gelegenen Objekte, beispielsweise Fahrzeuge, Fußgänger, Tiere oder Leitplanken, auf den Boden auszudehnen.

[0098] In einem Schritt 33 wird das semantisch segmentierte Bild anschließend wiederum in Stäbe beziehungsweise vertikale Sticks mit fester Breite aufgeteilt, wobei in einem Schritt 34 für jeden Stab jeweils das Lidar auf den entsprechenden Stab projiziert und der nächstgelegene 3D-Punkt ermittelt wird, der innerhalb eines Bereichs zwischen einem höchsten Punkt und einem niedrigsten Punkt einer entsprechenden Objektrepräsentation liegt.

[0099] Anschließend wird in einem Schritt 35 schließlich der Schnittpunkt zwischen dem Richtungsvektor der Kamera und der Orthogonalen zur

Bodenebene berechnet, um den einen genaueren
tiefsten Punkt des Objektes zu bestimmen.

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 1020192001475 [0008]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, wobei das Verfahren (1) folgende Schritte aufweist:

- Erzeugen von Bilddaten, wobei die Bilddaten auf durch wenigstens einen optischen Sensor erfassten Informationen basieren, und wobei der wenigstens eine optische Sensor wenigstens einen Abstandssensor aufweist (2);
- Ermitteln von in den Bilddaten repräsentierten Objekten (3);
- Erzeugen von wenigstens einem Stixel aus den Bilddaten basierend auf den ermittelten Objekten (4); und
- Für jedes des wenigstens einen Stixels, jeweils Ermitteln einer Entfernung zu dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt basierend auf den Bilddaten und durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen, wobei das Ermitteln einer Entfernung jeweils ein Transformieren von Koordinaten in einem, einen des wenigstens einen Abstandssensor repräsentierenden Koordinatensystems in Koordinaten in einem eine Grundebene repräsentierenden Koordinatensystem aufweist, und wobei die Trainingsdaten jeweils auf den Bilddaten, einem in diesen erzeugtes Stixel und einer Entfernung zu dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt basieren (5).

2. Verfahren (1) nach Anspruch 1, wobei der wenigstens eine optische Sensor weiter eine Kamera aufweist, wobei es sich bei den Bilddaten um durch die Kamera aufgenommene Bilddaten handelt, und wobei der Schritt des Erzeugens von wenigstens einem Stixel (4) ein Erzeugen einer Segmentierung der Bilddaten aufweist.

3. Verfahren (1) nach Anspruch 2, wobei das Erzeugen einer Segmentierung der Bilddaten ein Anwenden eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher trainiert ist Bilddaten zu segmentieren, aufweist.

4. Verfahren (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils Informationen über wenigstens einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, an dem durch den wenigstens einen Abstandssensor ausgesendete Strahlen reflektiert werden, aufweisen.

5. Verfahren (1) nach Anspruch 4, wobei die durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen Informationen über einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, an dem durch den wenigstens einen Abstandssensor ausgesendete Strahlen reflektiert werden, und welcher wenigstens eine vorgegebene Höhe gegenüber der Grundfläche aufweist, aufweisen.

6. Verfahren zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Bereitstellen von Trainingsdaten zum Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens, wobei die Trainingsdaten durch ein Verfahren zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, nach einem der Ansprüche 1 bis 5 erzeugt wurden; und
- Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens basierend auf den bereitgestellten Trainingsdaten.

7. Verfahren zum Steuern eines steuerbaren Systems basierend auf einem Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Bereitstellen eines Algorithmus des maschinellen Lernens zum Steuern des steuerbaren Systems, wobei der Algorithmus des maschinellen Lernens ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, und wobei der Algorithmus des maschinellen Lernens durch ein Verfahren zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen

Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, nach Anspruch 6 trainiert wurde; und

- Steuern des steuerbaren Systems basierend auf dem bereitgestellten Algorithmus des maschinellen Lernens.

8. System zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, wobei das System eine erste Erzeugungseinheit, welche ausgebildet ist, Bilddaten zu erzeugen, wobei die Bilddaten auf durch wenigstens einen optischen Sensor erfassten Informationen basieren, wobei der wenigstens eine optische Sensor wenigstens einen Abstandssensor aufweist, aufweist, und wobei das System weiter eine erste Ermittlungseinheit, welche ausgebildet ist, in den Bilddaten repräsentierte Objekte zu ermitteln, eine zweite Erzeugungseinheit, welche ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel aus den Bilddaten basierend auf den ermittelten Objekten zu erzeugen, und eine zweite Ermittlungseinheit, welche ausgebildet ist, für jedes des wenigstens einen Stixels, jeweils eine Entfernung zu dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt basierend auf den Bilddaten und durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen zu ermitteln, wobei das Ermitteln einer Entfernung jeweils ein Transformieren von Koordinaten in einem, einen den wenigstens einen Abstandssensor repräsentierenden Koordinatensystem in Koordinaten in einem eine Grundebene repräsentierenden Koordinatensystem aufweist, und wobei die Trainingsdaten jeweils auf den Bilddaten, einem in diesen erzeugtes Stixel und einer Entfernung zu dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt basieren.

9. System (10) nach Anspruch 8, wobei der wenigstens eine optische Sensor weiter eine Kamera aufweist, wobei es sich bei den Bilddaten um durch die Kamera aufgenommene Bilddaten handelt, und wobei die erste Erzeugungseinheit (11) ausgebildet ist, eine Segmentierung der Bilddaten zu erzeugen.

10. System (10) nach Anspruch 9, wobei die erste Erzeugungseinheit (11) ausgebildet ist, einen Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher trainiert ist Bilddaten zu segmentieren, anzuwenden, um die Bilddaten zu segmentieren.

11. System (10) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen für jedes

des wenigstens einen Stixels jeweils Informationen über wenigstens einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, an dem durch den Lidar-Sensor ausgesendete Strahlen reflektiert werden, aufweisen.

12. System (10) nach Anspruch 11, wobei die durch den wenigstens einen Abstandssensor erfassten Informationen Informationen über einen Punkt auf dem in dem entsprechenden Stixel repräsentierten Objekt, an dem durch den wenigstens einen Abstandssensor ausgesendete Strahlen reflektiert werden, und welcher wenigstens eine vorgegebene Höhe gegenüber der Grundfläche aufweist, aufweisen.

13. System zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, wobei das System eine Bereitstellungseinheit, welche ausgebildet ist, Trainingsdaten zum Trainieren des Algorithmus des maschinellen Lernens bereitzustellen, wobei die Trainingsdaten durch ein System zum Erzeugen von Trainingsdaten zum Trainieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, nach einem der Ansprüche 8 bis 12 erzeugt wurden, und eine Trainingseinheit, welche ausgebildet ist, den Algorithmus des maschinellen Lernens basierend auf den bereitgestellten Trainingsdaten zu trainieren, aufweist.

14. System zum Steuern eines steuerbaren Systems basierend auf einem Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, wobei das System eine Bereitstellungseinheit, welche ausgebildet ist, einen Algorithmus des maschinellen Lernens zum Steuern des steuerbaren Systems bereitzustellen, wobei der Algorithmus des maschinellen Lernens ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, und wobei der Algorithmus des maschinellen Lernens durch ein Verfahren zum Trai-

nieren eines Algorithmus des maschinellen Lernens, welcher ausgebildet ist, wenigstens ein Stixel in durch einen optischen Sensor erfassten Bilddaten und für jedes des wenigstens einen Stixels jeweils eine Entfernung zu einem in dem wenigstens einen Stixel repräsentierten Objekt aus den erfassten Bilddaten zu bestimmen, nach Anspruch 13 trainiert wurde, und eine Steuereinheit, welche ausgebildet ist, das steuerbare System basierend auf dem bereitgestellten Algorithmus des maschinellen Lernens zu steuern, aufweist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

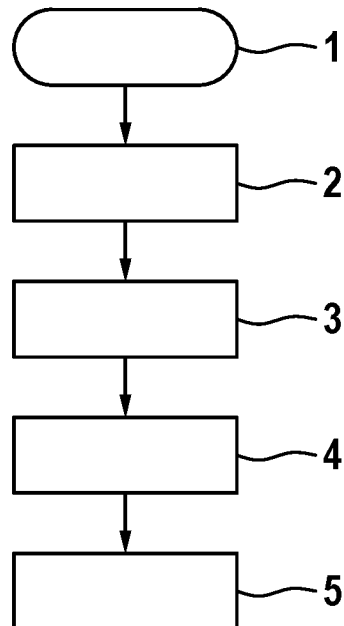


Fig. 2

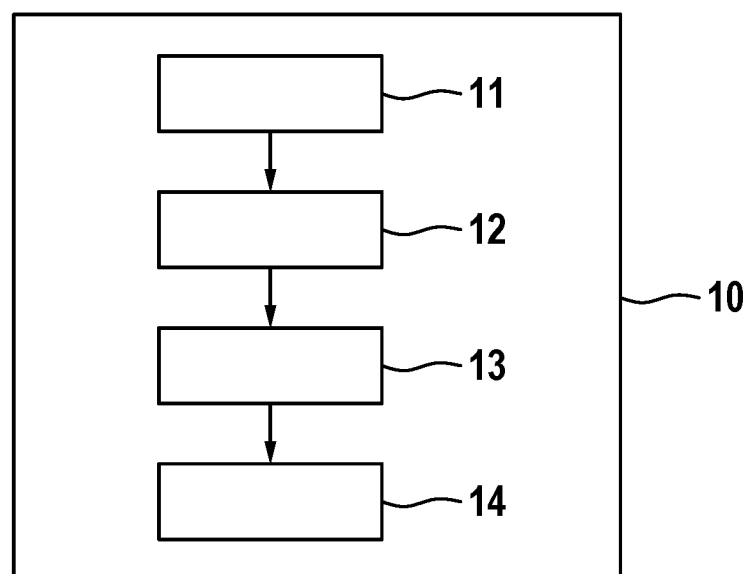


Fig. 3

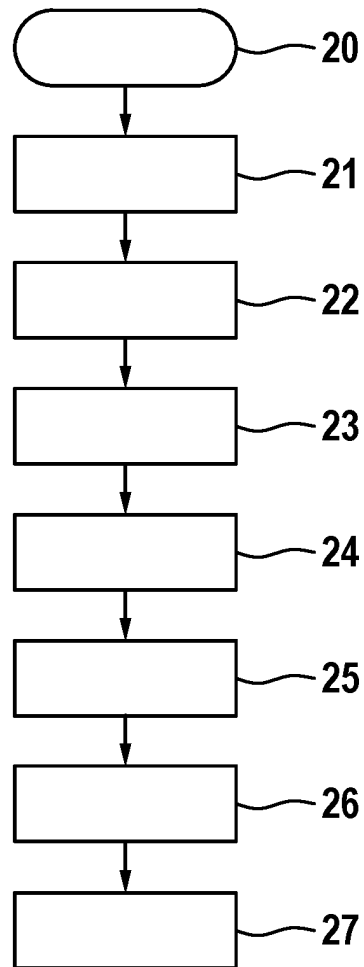


Fig. 4

