



(10) **DE 10 2019 216 147 B3** 2021.01.28

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 216 147.2**
(22) Anmeldetag: **21.10.2019**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **28.01.2021**

(51) Int Cl.: **B60W 40/02** (2006.01)
B60W 10/04 (2006.01)
B60W 10/18 (2012.01)
B60W 10/20 (2006.01)
B60W 40/076 (2012.01)
B60W 40/12 (2012.01)
B60W 50/14 (2020.01)
G01C 7/04 (2006.01)
G06N 3/02 (2006.01)
G06T 7/00 (2017.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**ZF FRIEDRICHSHAFEN AG, 88046
Friedrichshafen, DE**

(72) Erfinder:
**Jäger, Gabriela, 88048 Friedrichshafen, DE; Birk,
Markus, 88045 Friedrichshafen, DE**

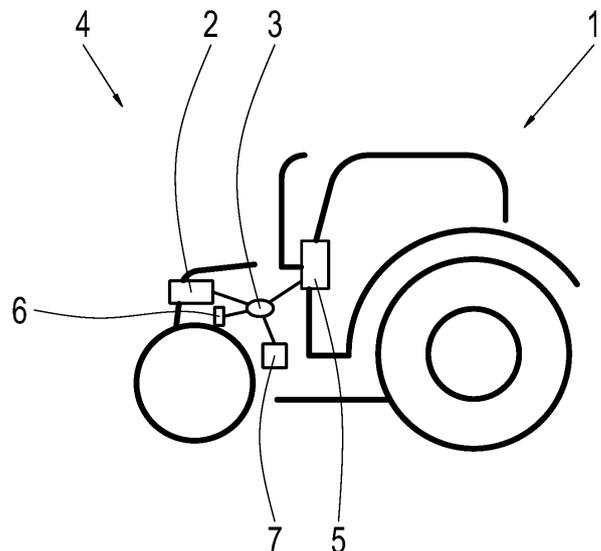
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2016 110 461	A1
DE	10 2017 115 810	A1
DE	10 2017 203 276	A1
DE	10 2017 206 245	A1

Norm SAE J3016 2018-06-15. Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles. S. 1-35.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung einer Befahrbarkeit eines Bereichs eines Geländes für ein Fahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren (V) zur Bestimmung einer Befahrbarkeit wenigstens eines Bereichs (50, 50*) eines Geländes für ein Fahrzeug (1), wobei das Fahrzeug wenigstens einen Umfeld-Sensor (2) und wenigstens eine Steuereinrichtung (3) aufweist, welche miteinander verbunden sind, wird mittels des wenigstens einen Umfeld-Sensors (2) ein Umfeld (4) des Fahrzeugs (1) erfasst, wodurch Bilddaten (B) generiert werden. Ausgehend von den Bilddaten (B) wird eine 3D-Punktwolke (P) erzeugt. Eine Fläche wird durch die 3D-Punktwolke (P) gefittet. Fahrzeugspezifische Zugänglichkeits-Kriterien (Z) werden auf die gefittete 3D-Punktwolke angewendet, wobei die Zugänglichkeits-Kriterien (Z) mittels fahrzeugspezifischer Breiten- und Winkel-Limitierungen ausgeformt sind. Ausgehend davon wird der wenigstens eine Bereich (50, 50*) der Umgebung (4) ermittelt, welcher den Zugänglichkeits-Kriterien (Z) entspricht. Dieser Bereich (50) wird als befahrbar (50*) ausgegeben.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Befahrbarkeit eines Bereichs eines Geländes für ein Fahrzeug mit den Merkmalen nach Anspruch 1, eine Steuereinrichtung mit den Merkmalen nach Anspruch 10, ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen nach Anspruch 11, und ein Fahrzeug mit den Merkmalen nach Anspruch 12.

[0002] Fahrzeuge im Off-Road-Bereich, beispielsweise Bau- oder Landmaschinen, haben nur eine begrenzte Fähigkeit im Gelände Steigungen und Gefälle zu befahren ohne steckenzubleiben. Dies ist bei derartigen Fahrzeugen besonders dann problematisch, wenn diese im Gelände Arbeitsfunktionen durchführen, die durch das Steckenbleiben unterbrochen werden. Dadurch kommt es zu Ausfällen im Betrieb und zu Zeitverlust. Das Befreien der Fahrzeuge ist aufwändig und häufig auch kostenintensiv. Das Weiteren kann das Feststecken eine Gefahr für einen Fahrer oder einen sonstigen Fahrer des Fahrzeugs darstellen.

[0003] Aus DE 10 2017 206 245 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Detektion eines Geländeverlaufs, insbesondere zur Detektion von Erhebungen und/oder Senken in der Umgebung um ein Fahrzeug, bekannt. Hierbei werden Bilddaten in der Umgebung des Fahrzeugs erfasst und dabei der Verlauf eines Horizonts in den Bilddaten mit einem vorgegebenen Referenzverlauf für den Horizont verglichen. In Abhängigkeit von der Abweichung zwischen tatsächlichem Horizont und Referenzverlauf können daraufhin Erhebungen bzw. Senken in dem Geländeverlauf ermittelt werden.

[0004] Die Druckschrift DE 10 2016 110 461 A1 bezieht sich auf die Ermittlung von Fahrbahnneigungen. Um die Neigung eines Fahrbahnbereichs zu ermitteln, wird der erste Fahrbahnbereich in eine vorbestimmte Anzahl von Streifen unterteilt. Diesen werden von einer fahrzeugseitigen Erfassungsvorrichtung erfasste Umgebungspunkte zugeordnet, um anhand der Höhenkoordinaten der Umgebungspunkte den jeweiligen Höhe der Streifen zu bestimmen. Aus der Differenz der Höhen zweier Streifen ergibt sich eine Fahrbahnneigung.

[0005] Die Druckschrift DE 10 2017 115 810 A1 offenbart ein Verfahren zum autonomen Parken eines Fahrzeugs basierend auf einer Trajektorie. Bei dem Verfahren wird der Umgebungsbereich des Fahrzeugs über Bildinformationen erfasst und in Bereiche unterteilt, die hinsichtlich ihrer Befahrbarkeit klassifiziert werden. In die Bestimmung eines befahrbaren Bereichs fließen fahrzeugspezifische Daten ein.

[0006] Die Druckschrift DE 10 2017 203 276 A1 schlägt vor, eine Trajektorie in Offroad-Szenarien mittels einer 2D-Sensorik zur Aufnahme eines 2D-Bildes einer Umgebung zu generieren. Eine weitere Sensorik dient der Ermittlung eines Höhenprofils der Umgebung. Die Bildpunkte des Bildes werden klassifiziert und in das Höhenprofil projiziert.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt ausgehend vom Stand der Technik die Aufgabe zu Grunde, eine Methode vorzuschlagen, mittels welcher befahrbare Bereiche für Off-Road-Fahrzeuge sicher identifiziert werden können.

[0008] Die vorliegende Erfindung schlägt ausgehend von der vorgenannten Aufgabe ein Verfahren zur Bestimmung einer Befahrbarkeit eines Bereichs eines Geländes für ein Fahrzeug nach Anspruch 1, eine Steuereinrichtung nach Anspruch 10, ein Computerprogrammprodukt nach Anspruch 11, und ein Fahrzeug nach Anspruch 12 vor. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen gehen aus den Unteransprüchen hervor.

[0009] Bei einem Verfahren zur Bestimmung einer Befahrbarkeit wenigstens eines Bereichs eines Geländes für ein Fahrzeug, wobei das Fahrzeug wenigstens einen Umfeld-Sensor und wenigstens eine Steuereinrichtung aufweist, welche miteinander verbunden sind, wird mittels des wenigstens einen Umfeld-Sensors ein Umfeld des Fahrzeugs erfasst, wodurch Bilddaten generiert werden. Ausgehend von den Bilddaten wird eine 3D-Punktewolke erzeugt. Eine Fläche wird durch die 3D-Punktewolke gefittet. Fahrzeugspezifische Zugänglichkeits-Kriterien werden auf die gefittete 3D-Punktewolke angewendet, wobei die Zugänglichkeits-Kriterien mittels fahrzeugspezifischer Breiten- und Winkel-Limitierungen ausgeformt sind. Ausgehend davon wird der wenigstens eine Bereich der Umgebung ermittelt, welcher den Zugänglichkeits-Kriterien entspricht. Dieser Bereich wird als befahrbar ausgegeben.

[0010] Das Fahrzeug ist ein Landfahrzeug, welches für einen Off-Road-Bereich ausgeformt ist, und kann hierbei ein Nutzfahrzeug (NKW), z. B. ein LKW, ein landwirtschaftliches oder forstwirtschaftliches Fahrzeug, nämlich eine Landmaschine, oder eine Baumaschine, ein Pistenfahrzeug, ein Bergbaufahrzeug, eine Reinigungsmaschine, oder ein anderes Nutzfahrzeug, aber auch ein Geländewagen sein. Das Fahrzeug kann dabei derart ausgeformt sein, dass es automatisierte Fahrfunktionen und Arbeitsfunktionen ab Level 3 der SAE J3016 Autonomiestufen durchführen kann. Das Fahrzeug weist dabei eine äußere Form mit gewissen unveränderbaren Abmessungen auf. Zudem weist das Fahrzeug ein vorbestimmtes Maximalgewicht auf, welches nicht überschritten werden kann.

[0011] Das Fahrzeug weist den wenigstens einen Umgebungs-Sensor auf. Dieser dient dazu, das Umfeld des Fahrzeugs zu erfassen. Selbstverständlich kann das Fahrzeug mehr als einen Umgebungs-Sensor aufweisen. Der Umgebungs-Sensor ist derart ausgeformt, dass dieser Bilddaten generieren kann, aus welchen eine 3D-Punktwolke erzeugt werden kann. Beispielsweise kann der wenigstens eine Umgebungs-Sensor als Kamera, beispielsweise als Mono- oder Stereokamera, oder als LIDAR ausgebildet sein. Ebenso wäre eine Ausformung als Imaging-Radar oder 3D-Ultraschallsensor möglich, wobei in diesen Fällen eine Reichweite verringert wäre im Vergleich zu der Ausformung mittels einer Kamera oder eines LIDARs. Der wenigstens eine Umgebungs-Sensor ist derart an dem Fahrzeug angeordnet, dass dieser die Umgebung in Fahrtrichtung vor dem Fahrzeug erfassen kann. Weist das Fahrzeug mehrere Umgebungs-Sensoren auf, sind diese beispielsweise derart angeordnet, dass ein Surroundview realisiert werden kann.

[0012] Weiterhin weist das Fahrzeug die Steuereinrichtung auf, welche mit dem wenigstens einen Umgebungs-Sensor verbunden ist, so dass ein Daten- und Signalaustausch erfolgen kann. Diese Verbindung kann kabelgebunden oder drahtlos ausgebildet sein. Die Steuereinrichtung kann z. B. als ECU oder Domain-ECU ausgebildet sein. Zudem weist die Steuereinrichtung eine Speichereinrichtung auf, in welcher Daten abgespeichert werden können. Die Steuereinrichtung ist dabei dazu eingerichtet, die Bilddaten, die der wenigstens eine Umgebungs-Sensor liefert, auszuwerten. Des Weiteren ist die Steuereinrichtung dazu eingerichtet, Fahrzeugsysteme anzusteuern, z. B. ein Antriebssystem, ein Lenksystem, ein Bremssystem, o. ä., oder auch Informationen an eine Anzeigevorrichtung weiterzuleiten, wodurch diese angezeigt werden können. Die Anzeigevorrichtung kann beispielsweise als Display mit oder ohne Eingabefunktion ausgebildet sein. Zu diesem Zweck ist die Steuereinrichtung mit den Fahrzeugsystemen und mit der Anzeigevorrichtung derart verbunden, dass ein Daten- und Signalaustausch erfolgen kann. Diese Verbindung kann kabelgebunden oder drahtlos ausgebildet sein.

[0013] Zudem ist die Steuereinrichtung dazu eingerichtet, Positionsdaten des Fahrzeugs auszuwerten und zu verwerten, die mittels eines Positionsbestimmungs-Systems ermittelt werden können. Zu diesem Zweck ist die Steuereinrichtung mit dem Positionsbestimmungs-Systems derart verbunden, dass ein Daten- und Signalaustausch erfolgen kann. Diese Verbindung kann kabelgebunden oder drahtlos ausgebildet sein. Diese Positionsdaten geben vorzugsweise die globale Position des Fahrzeugs wieder, beispielsweise können diese als GPS-Koordinaten oder als andere geeignete Koordinaten vorliegen, die mittels eines globales Navigationssatellitensystem (GNSS)

ermittelt wurden. Alternativ können die Positionsdaten auch ohne GPS-Koordinaten oder dergleichen angegeben werden, beispielsweise als lokale Positionsdaten, welche z. B. ausgehend von einer Fahrzeug-Odometrie ermittelt werden können.

[0014] Mittels des wenigstens einen Umfeld-Sensors wird das Umfeld des Fahrzeugs erfasst, wodurch Bilddaten generiert werden. Das Umfeld des Fahrzeugs bezeichnet dabei die Umgebung des Fahrzeugs, in welcher sich das Fahrzeug bewegt. Das Umfeld des Fahrzeugs ist nicht eben ausgebildet, sondern weist Senken und Erhebungen auf. Das Umfeld des Fahrzeugs stellt somit einen Off-Road-Bereich dar. Die generierten Bilddaten richten sich dabei nach der Ausformung des wenigstens einen Umfeld-Sensors. Beispielsweise wird der Bereich in Fahrtrichtung vor dem Fahrzeug mittels einer Stereokamera erfasst, wodurch als Bilddaten Kameradaten generiert werden. Alternativ dazu wird der Bereich in Fahrtrichtung vor dem Fahrzeug z. B. mittels eines LIDARs erfasst, wodurch als Bilddaten Lidardaten generiert werden. Die Bilddaten stellen in anderen Worten die Aufnahmen dar, die durch den wenigstens einen Umfeld-Sensor erzeugt werden.

[0015] Ausgehend von den Bilddaten wird die 3D-Punktwolke erzeugt. Die 3D-Punktwolke wird direkt aus den Bilddaten erzeugt. Dies erfolgt mittels der Steuereinrichtung. Die 3D-Punktwolke bildet somit das Umfeld des Fahrzeugs ab. Die 3D-Punktwolke wird dabei z. B. mittels des „Structure from Motion“-Verfahrens oder mittels des „SLAM“-Verfahrens aus den Bilddaten erzeugt. Diese Verfahren sind aus dem Stand der Technik bekannt.

[0016] Eine Fläche wird durch die 3D-Punktwolke gefittet. Die Fläche kann entweder direkt verwendet werden, oder es kann durch das Fitting ein Gitter erzeugt werden, welches die Fläche auswertet. Dieses Gitter kann als ein uniformes oder ein adaptives Gitter ausgeformt sein. Die Fläche ist dabei nicht als ebene Fläche zu verstehen. Das Fitting erfolgt dabei beispielsweise mittels eines Regressions-Verfahren, kann aber auch mittels alternativer Verfahren erfolgen. In anderen Worten wird in der Punktwolke eine Fläche abgebildet.

[0017] Fahrzeugspezifische Zugänglichkeits-Kriterien werden auf die gefittete 3D-Punktwolke angewendet, wobei die Zugänglichkeits-Kriterien mittels fahrzeugspezifischer Breiten- und Winkel-Limitierungen ausgeformt sind. Die Zugänglichkeits-Kriterien sind werksseitig festgelegt und in der Speichereinrichtung der Steuereinrichtung gespeichert. Die Zugänglichkeits-Kriterien legen in anderen Worten Kriterien fest, die aufzeigen, welche Beschränkungen für befahrbare Bereiche aufgrund der Ausformung des Fahrzeugs vorgegeben sind. Die Zugänglichkeits-Kriterien sind für jedes Fahrzeug spezifisch.

Durch die Ausformung des Fahrzeugs wird die Breiten-Limitierung bestimmt. Diese gibt an, welche Breite ein Bereich wenigstens aufweisen muss, damit das Fahrzeug diesen gefahrlos befahren kann. Durch die Ausformung des Fahrzeugs wird die Winkel-Limitierung bestimmt. Diese gibt an, welche Steigung oder welches Gefälle ein Bereich höchstens aufweisen darf, damit das Fahrzeug diesen gefahrlos befahren kann. Gefahrlos befahren bedeutet, dass das Fahrzeug den Bereich passieren kann, ohne festzustecken, zu kippen, einzusinken oder dergleichen. Ein Ändern dieser Zugänglichkeits-Kriterien ist beispielsweise nur werksseitig möglich. Beispielsweise kann ein Fahrer die Zugänglichkeits-Kriterien derart anpassen lassen, dass die Winkel-Limitierung überschritten wird. Wenn dies der Fall ist, wird dies dokumentiert, so dass eventuelle Schäden am Fahrzeug auf Verantwortung des jeweiligen Fahrers erfolgt sind.

[0018] Ausgehend von der Anwendung der fahrzeugspezifischen Zugänglichkeits-Kriterien auf die gefittete 3D-Punktewolke wird der wenigstens eine Bereich der Umgebung ermittelt, welcher den Zugänglichkeits-Kriterien entspricht. Dieser wenigstens eine Bereich weist in anderen Worten eine ausreichende Breite auf, so dass das Fahrzeug diesen befahren kann. Des Weiteren weist der wenigstens eine Bereich einen Steigungs- oder Gefällewinkel auf, welcher gering genug ist, dass das Fahrzeug diesen bewältigen kann. Selbstverständlich kann mehr als ein Bereich den Zugänglichkeits-Kriterien entsprechen. Weitere Bereiche in der Umgebung des Fahrzeugs, die den Zugänglichkeits-Kriterien nicht entsprechen, können von dem Fahrzeug nicht gefahrlos befahren werden. Diese werden nicht weiter betrachtet.

[0019] Der wenigstens eine Bereich wird daraufhin als befahrbar ausgegeben. Das heißt, das Fahrzeug kann diesen wenigstens einen Bereich gefahrlos befahren. Ausgeben bedeutet hierbei zum einen, dass der wenigstens eine Bereich durch die Steuereinrichtung als befahrbar identifiziert wird und für mögliche weitere Verfahrensschritte verwendet werden kann. Außerdem kann der wenigstens eine Bereich mittels der Anzeigevorrichtung an einen Fahrer des Fahrzeugs ausgegeben, diesem also angezeigt werden.

[0020] Vorteilhaft an diesem Verfahren ist, dass nur derjenige oder diejenigen Bereiche ausgegeben werden, die für das Fahrzeug befahrbar sind. Die Erfahrung eines Fahrers des Fahrzeugs, der selbst derartige befahrbare Bereiche sicher identifizieren kann, wird somit automatisiert. Dadurch kann eine Sicherheit gesteigert werden, vor allem bei Fahrzeugen, die autonome Fahrfunktionen durchführen.

[0021] Nach einer weiterbildenden Ausführungsform wird ausgehend von der 3D-Punktewolke die Fläche zusätzlich zu einer Belegungskarte reduziert, welche

als 2D-Belegungskarte oder als 2,5D-Belegungskarte ausgebildet ist, wobei die Belegungskarte anzeigbar ist. Die 2D-Belegungskarte bildet hierbei zwei Raumdimensionen ab. Die 2,5D-Belegungskarte bildet hingegen zwei Raumdimensionen ab, wobei zusätzlich zu jedem Punkt eine Höheninformation abgelegt ist. Die dritte Dimension, nämlich die Höhe des Geländes, ist in anderen Worten als Attribut der Lage modelliert.

[0022] Mittels der Belegungskarte kann dargestellt werden, welche Bereiche von dem Fahrzeug befahrbar sind. Diese zeigt somit an, welche Bereiche „belegt“, d. h. nicht befahrbar sind. Die Belegungskarte kann einem Fahrer des Fahrzeugs ausgegeben werden, beispielsweise mittels der Anzeigevorrichtung des Fahrzeugs. Beispielsweise kann eine Umgebungskarte oder eine Aufnahme der Umgebung mit der 2D-Belegungskarte oder mit der 2,5D-Belegungskarte überlagert werden. Die Umgebungskarte kann beispielsweise mittels der Bilddaten generiert werden und stellt die unmittelbare Umgebung des Fahrzeugs dar. Alternativ dazu kann die Umgebungskarte bereits vorliegen und beispielsweise durch einen Kartenanbieter zur Verfügung gestellt werden. Dies kann beispielsweise durch handelsübliche Navigationssoftware erfolgen.

[0023] In einer weiterbildenden Ausführungsform wird die 3D-Punktewolke oder das Gitter mit der Umgebungskarte kombiniert. Diese Umgebungskarte wird in anderen Worten mit der 3D-Punktewolke oder mit dem Gitter überlagert. Das heißt, die Informationen der 3D-Punktewolke oder die Informationen des Gitters werden über der Umgebungskarte dargestellt. Alternativ dazu kann die Umgebungskarte mit der 3D-Punktewolke oder mit dem Gitter addiert werden. Die Umgebungskarte weist dabei eine gröbere Auflösung auf als die 3D-Punktewolke oder das Gitter, ist jedoch vollständig. Bei dieser Addition fließen die Details aus der 3D-Punktewolke oder aus dem Gitter in die Umgebungskarte ein, um eine verbesserte Karte zu erhalten. Dies wird vorzugsweise an den Fahrer des Fahrzeugs ausgegeben, beispielsweise mittels der Anzeigevorrichtung des Fahrzeugs.

[0024] Nach einer weiterbildenden Ausführungsform wird zusätzlich überprüft, ob der wenigstens eine Bereich mit einer Position des Fahrzeugs verbunden ist, wobei bei Vorliegen einer Verbindung der Bereich als erreichbar ausgegeben wird. Verbunden heißt in diesem Fall, dass ausgehend von der Position des Fahrzeugs von dem Fahrzeug eine Strecke abgefahren werden kann, um zu dem wenigstens einen Bereich zu gelangen. Beispielsweise kann der wenigstens einen Bereich direkt an die Position des Fahrzeugs angrenzen. Alternativ dazu kann der wenigstens einen Bereich beabstandet zu der Position des Fahrzeugs angeordnet sein, aber durch eine Straße oder weitere als befahrbar klassifizierte Bereiche erreichbar sein.

[0025] Die Überprüfung erfolgt ausgehend von den Bilddaten mittels der Steuereinrichtung des Fahrzeugs. Die Position des Fahrzeugs wird mittels des Positions-Bestimmungssystems ausgehend von den Positionsdaten bestimmt.

[0026] Ist der wenigstens eine Bereich als erreichbar eingestuft, wird dieser an den Fahrer des Fahrzeugs ausgegeben, beispielsweise mittels der Anzeigevorrichtung des Fahrzeugs. Beispielsweise kann dieser Bereich in der Umgebungskarte und/oder der Belegungskarte besonders hervorgehoben werden, z. B. mittels einer farbigen Hervorhebung oder mittels einer Beleuchtungs-Hervorhebung, in welcher der entsprechende Bereich heller beleuchtet wird als die anderen Bereiche.

[0027] Nach einer weiterbildenden Ausführungsform wird zusätzlich eine anzufahrende Position für das Fahrzeug festgelegt, wobei ausgehend von dem wenigstens einen befahrbaren Bereich wenigstens eine Trajektorie ermittelt wird, die durch das Fahrzeug abfahrbar ist. Die anzufahrende Position wird vorzugsweise von dem Fahrer des Fahrzeugs festgelegt. Beispielsweise kann der Fahrer die anzufahrende Position mittels der Eingabefunktion der Anzeigevorrichtung oder mittels einer zusätzlichen Eingabevorrichtung, die das Fahrzeug aufweist, eingeben und festlegen.

[0028] Abfahrbar bedeutet, dass das Fahrzeug die Trajektorie abfahren kann. Ausgehend von der aktuellen Position des Fahrzeugs wird mittels der Steuereinrichtung die wenigstens eine Trajektorie ermittelt, die durch das Fahrzeug abgefahren werden kann. Dies ist dann der Fall, wenn die anzufahrende Position innerhalb des wenigstens einen befahrbaren Bereichs liegt, und wenn die wenigstens eine Trajektorie durch den wenigstens einen befahrbaren Bereich oder durch mehrere befahrbare Bereiche verläuft. Zudem sollte die wenigstens eine Trajektorie nur erreichbare Bereiche durchqueren. Beispielsweise kann die wenigstens eine Trajektorie derart bestimmt werden, dass der breiteste Pfad gewählt wird. Alternativ kann die wenigstens eine Trajektorie derart bestimmt werden, dass der glatteste Pfad gewählt wird. Alternativ kann die wenigstens eine Trajektorie derart bestimmt werden, dass der Pfad mit den geringsten Winkeln im Gelände gewählt wird.

[0029] Wird von dem Fahrer eine anzufahrende Position festgelegt, die sich nicht innerhalb des wenigstens einen befahrbaren Bereichs befindet, kann eine Warnmeldung an den Fahrer ausgegeben werden mittels der Anzeigevorrichtung.

[0030] Selbstverständlich kann mehr als eine Trajektorie ermittelt werden, um zu der anzufahrenden Position zu gelangen. Diese unterschiedlichen Trajektorien können dem Fahrer mittels der Anzeigevorrich-

tung angezeigt werden. Dieser kann daraufhin eine der Trajektorien auswählen, die er abfahren möchte.

[0031] Nach einer weiterbildenden Ausführungsform wird ausgehend von der wenigstens einen Trajektorie in die Fahrdynamik des Fahrzeugs eingegriffen, so dass das Fahrzeug die Trajektorie abfährt. Die Fahrdynamik des Fahrzeugs setzt sich dabei aus einer Längsbewegung, einer Querbewegung und einer Hubbewegung, sowie aus Gier-, Nick- und Wankbewegungen zusammen.

[0032] Die Fahrdynamik des Fahrzeugs wird beispielsweise beeinflusst mittels der Fahrzeugsysteme wie z. B. dem Antriebssystem, dem Lenksystem, dem Bremssystem, o. ä. Der Eingriff in die Fahrdynamik erfolgt mittels der Steuereinrichtung, die die Fahrzeugsysteme ansteuern kann. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung die Aktuatorik des Lenksystems derart ansteuern, dass an den Rädern des Fahrzeugs ein Lenkwinkel eingestellt wird. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung die Aktuatorik des Antriebssystems derart ansteuern, dass das Fahrzeug sich mit einer gewissen Geschwindigkeit fortbewegt, beschleunigt oder verzögert wird. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung die Aktuatorik des Bremssystems derart ansteuern, dass das Fahrzeug verzögert wird. Dieses Abfahren der Trajektorie kann teilautonom oder vollständig autonom erfolgen.

[0033] Nach einer weiterbildenden Ausführungsform wird die wenigstens eine Trajektorie in einer Umgebungsansicht des Fahrzeugs angezeigt. In anderen Worten kann die wenigstens eine Trajektorie in einer Umgebungskarte oder in einem Kamerabild, welches mittels der Anzeigeeinrichtung angezeigt wird, dargestellt werden. Zusätzlich kann die Trajektorie auch in der Belegungskarte angezeigt werden.

[0034] Nach einer weiterbildenden Ausführungsform wird der wenigstens eine befahrbare Bereich in der Umgebungsansicht des Fahrzeugs angezeigt. In anderen Worten kann der wenigstens eine befahrbare Bereich in einer Umgebungskarte oder in einem Kamerabild, welches mittels der Anzeigeeinrichtung angezeigt wird, dargestellt werden. Dies erfolgt beispielsweise mittels farblicher Hervorhebung oder mittels Beleuchtungs-Hervorhebung. Dies wurde bereits in der vorherigen Beschreibung beschrieben.

[0035] Nach einer weiterbildenden Ausführungsform wird mittels eines trainierten künstlichen neuronalen Netzes ausgehend von den Bilddaten zusätzlich eine Bodenbeschaffenheit ermittelt, welche mittels der Zugänglichkeits-Kriterien überprüft wird. Dabei wird wenigstens ein Fahr-Bereich der Umgebung ermittelt, welcher den Zugänglichkeits-Kriterien entspricht, wobei dieser Fahr-Bereich mit dem wenigstens einen Bereich verglichen wird, um den wenigstens einen Bereich zu plausibilisieren.

[0036] Bodenbeschaffenheit bezeichnet hierbei die Beschaffenheit des zu befahrenden Untergrunds. Beispielsweise kann der zu befahrende Untergrund Gestein, Geröll, Vegetation, eine Wasserfläche, Schlamm, Sand, Kies o. ä. aufweisen. In anderen Worten ist die Bodenbeschaffenheit eine alternative Bezeichnung für die Ausformung des zu befahrenden Untergrunds.

[0037] Das trainierte künstliche neuronale Netz wurde werksseitig mittels Bilddaten von diversen zu befahrenden Untergründen trainiert. Die Trainingsdaten umfassen Bilderserien, in welchen die befahrbaren Bereiche bereits markiert sind. Dadurch kann mittels des eines trainierten künstlichen neuronalen Netzes, welches durch eine künstliche Intelligenz genutzt wird, ausgehend von den Bilddaten festgestellt werden, welche Bodenbeschaffenheiten in der von dem wenigstens einen Umfeld-Sensor erfassten Umgebung um das Fahrzeug herum vorliegen. Der Umfeld-Sensor ist hierbei vorzugsweise als Kamera ausgeformt.

[0038] Zusätzlich sind die Zugänglichkeits-Kriterien um für das Fahrzeug zugängliche Bodenbeschaffenheiten erweitert. Beispielsweise kann werksseitig festgelegt sein, dass das Fahrzeug sich auf Schlamm oder Sand nicht fortbewegen kann.

[0039] Es wird der wenigstens eine Fahr-Bereich der Umgebung ermittelt, welcher den Zugänglichkeits-Kriterien bezüglich der Bodenbeschaffenheit entspricht. Das heißt, die Bilddaten werden mittels der Steuereinrichtung derart ausgewertet, dass der wenigstens eine Fahr-Bereich selektiert wird, der die Bodenbeschaffenheit aufweist, die durch das Fahrzeug zu befahren ist.

[0040] Dieser Fahr-Bereich wird mit dem wenigstens einen Bereich verglichen, der bereits als befahrbar klassifiziert wurde, um diesen wenigstens einen befahrbaren Bereich zu plausibilisieren. Dies erfolgt mittels der Steuereinrichtung. Dabei geht das Ermitteln des befahrbaren Bereichs mittels der Zugänglichkeits-Kriterien vor dem Ermitteln des Fahr-Bereichs. Das heißt, dass der Fahr-Bereich in der Plausibilisierung weniger hoch gewichtet ist wie der befahrbare Bereich.

[0041] Die Plausibilisierung ist vorteilhaft, da dadurch mit einer höheren Sicherheit festgestellt werden kann, ob der als befahrbar klassifizierte wenigstens eine Bereich tatsächlich befahrbar ist. Dies erhöht die Sicherheit für das Fahrzeug.

[0042] Die Steuereinrichtung für das Fahrzeug ist mit wenigstens einem Umfeld-Sensor des Fahrzeugs verbindbar, wobei die Steuereinrichtung Mittel aufweist, die das Verfahren ausführen, welches bereits in der vorherigen Beschreibung beschrieben wurde.

Verbindbar heißt, dass die Steuereinrichtung, wenn diese in dem Fahrzeug verwendet wird, mit dem wenigstens einen Umfeld-Sensor verbunden ist. Die Ausformung der Steuereinrichtung wurde bereits beschrieben. Die Steuereinrichtung kann sich beispielsweise eines Computerprogrammprodukts bedienen.

[0043] Das Computerprogrammprodukt umfasst Befehle, die bei einer Ausführung des Programms durch die bereits beschriebene Steuereinrichtung das Verfahren ausführen, welches bereits in der vorherigen Beschreibung beschrieben wurde. Das Computerprogrammprodukt kann beispielsweise als herunterladbarer Datenstrom vorliegen oder auf einem Datenträger verkörpert sein.

[0044] Das Fahrzeug weist die bereits beschriebene Steuereinrichtung und den wenigstens einen Umfeld-Sensor auf. Die Steuereinrichtung ist mit dem wenigstens einen Umfeld-Sensor verbunden. Das Fahrzeug und seine Fahrzeugsysteme wurden bereits in der vorherigen Beschreibung beschrieben.

[0045] Anhand der im Folgenden erläuterten Figuren werden verschiedene Ausführungsbeispiele und Details der Erfindung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs nach einem Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Umgebung des Fahrzeugs,

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Belegungskarte für das Fahrzeug, welche aus dem Umfeld aus **Fig. 2** generiert wurde,

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Belegungskarte für das Fahrzeug aus **Fig. 3**, wobei die Belegungskarte nachbearbeitet ist,

Fig. 5 eine schematische Darstellung der Belegungskarte für das Fahrzeug aus **Fig. 4**, wobei die Belegungskarte nochmals nachbearbeitet ist,

Fig. 6 eine schematische Darstellung des Umfelds des Fahrzeugs, mit einer überlagerten Belegungskarte,

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zur Bestimmung einer Befahrbarkeit eines Bereichs für das Fahrzeug.

[0046] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs **1** nach einem Ausführungsbeispiel. Das Fahrzeug **1** weist eine Steuereinrichtung **3** auf. Diese Steuereinrichtung **3** ist mit einem Umfeld-Sensor **2** verbunden. Dieser Umfeld-Sensor **2** ist als eine Kamera ausgeformt. Die Verbindung zwischen der Steuereinrichtung **3** und dem Umfeld-Sensor **2** ist derart, dass ein Daten- und Signalaustausch erfolgen kann. Insbesondere können Bilddaten von dem Umfeld-Sensor **2** an die Steuereinrichtung **3** weitergelei-

tet werden, wobei die Steuereinrichtung 3 diese Bilddaten auswerten kann.

[0047] Weiterhin weist das Fahrzeug 1 eine Anzeigevorrichtung 5 auf. Diese Anzeigevorrichtung 5 ist derart innerhalb des Fahrgastraums des Fahrzeugs 1 angeordnet, dass ein Fahrer des Fahrzeugs die Anzeigeeinrichtung 5 wahrnehmen und bedienen kann. Die Anzeigeeinrichtung 5 kann beispielsweise ein Display aufweisen. Die Anzeigevorrichtung 5 ist mit der Steuereinrichtung 3 verbunden, so dass ein Daten- und Signalaustausch erfolgen kann.

[0048] Das Fahrzeug 1 weist zudem ein Antriebssystem 6 auf. Dieses Antriebssystem 6 ist mit der Steuereinrichtung 3 verbunden. Die Verbindung ist derart, dass die Steuereinrichtung 3 das Antriebssystem 6 ansteuern kann. Zwischen der Steuereinrichtung 3 und dem Antriebssystem 6 kann ein Daten- und Signalaustausch erfolgen. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung 3 das Antriebssystem 6 derart ansteuern, dass dieses mehr Antriebsenergie bereitstellt, so dass das Fahrzeug 1 beschleunigt wird. Die Steuereinrichtung 3 kann in anderen Worten das Antriebssystem 6 derart ansteuern, dass eine Fahrtdynamik des Fahrzeugs 1 angepasst werden kann.

[0049] Das Fahrzeug 1 weist außerdem ein Positionsbestimmungs-System 7 auf. Dieses Positionsbestimmungs-System 7 dient dazu, eine globale Position des Fahrzeugs 1 festzustellen. Diese globale Position kann beispielsweise in GPS-Koordinaten vorliegen. Das Positionsbestimmungs-System 7 ist mit der Steuereinrichtung 3 verbunden, so dass ein Daten- und Signalaustausch erfolgen kann. Beispielsweise kann das Positionsbestimmungs-System 7 die ermittelte globale Position des Fahrzeugs 1 an die Steuereinrichtung 3 weiterleiten.

[0050] Das Fahrzeug 1 ist als ein Offroad-Fahrzeug, hier als ein landwirtschaftliches Fahrzeug, ausgeformt. Das Fahrzeug 1 bewegt sich in einer Umgebung 4. Diese Umgebung 4 ist in Fig. 2 näher dargestellt.

[0051] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Umgebung 4 des Fahrzeugs. Zu sehen ist eine Offroad-Umgebung, welche einen felsigen Untergrund und Bewuchs aufweist. Diese Umgebung wird von dem Umfeld-Sensor des Fahrzeugs erfasst. Die dadurch generierten Bilddaten können mittels der Anzeigevorrichtung an den Fahrer des Fahrzeugs ausgegeben werden. Beispielsweise können die Aufnahmen des Umfeld-Sensors direkt an die Anzeigevorrichtung übertragen werden.

[0052] Eingezeichnet ist ein Bereich 50, welcher von einem Fahrzeug befahrbar ist und ein nicht befahrbarer Bereich 60. Dieser nicht befahrbare Bereich 60 weist beispielsweise Felsen und zu hohen Be-

wuchs aus, welchen das Fahrzeug nicht überfahren kann. Dies wird durch die Zugänglichkeitskriterien des Fahrzeugs festgelegt. Die Zugänglichkeitskriterien stellen fahrzeugspezifische Breiten- und Winkel-Limitierungen für das Fahrzeug dar. Nur Bereiche, welche diese Zugänglichkeitskriterien aufweisen oder erfüllen, können von dem Fahrzeug befahren werden.

[0053] Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Belegungskarte M für das Fahrzeug, welche aus dem Umfeld aus Fig. 2 generiert wurde. Das Erstellen der Belegungskarte M wird in Fig. 7 näher erläutert. Die Belegungskarte M wird aus einer 3D-Punktewolke generiert. Diese 3D-Punktewolke wird mittels der Bilddaten, die von dem Umfeld-Sensor des Fahrzeugs erzeugt werden, generiert. In der Belegungskarte M ist der nicht befahrbare Bereich 60 und der vermutlich befahrbare Bereich 50 dargestellt. Der vermutlich befahrbare Bereich 50 stellt den Bereich dar, der nicht durch Geröll oder den Bewuchs blockiert ist.

[0054] Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung der Belegungskarte M für das Fahrzeug 1 aus Fig. 3, wobei die Belegungskarte M nachbearbeitet ist. Das Nachbearbeiten der Belegungskarte M erfolgt mit Hilfe der Zugänglichkeitskriterien. Bereiche, die diese Zugänglichkeitskriterien nicht erfüllen, weil diese zu schmal sind oder einen zu steilen Winkel im Gelände aufweisen, werden nicht mehr dargestellt. Dadurch ist der Bereich am rechten Bildrand verändert. Dargestellt ist nunmehr nur noch der Bereich 50, der befahrbar 50* ist. Dieser ist beinahe deckungsgleich mit dem Bereich 50 aus Fig. 3. Weiterhin ist immer noch der nicht befahrbare Bereich 60 dargestellt.

[0055] Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung der Belegungskarte M für das Fahrzeug aus Fig. 4, wobei die Belegungskarte M nochmals nachbearbeitet ist. In Fig. 5 ist eine Trajektorie T eingezeichnet, die mittels des Verfahrens, welches in Fig. 7 dargestellt ist, berechnet wurde. In der Belegungskarte M ist eine Position X des Fahrzeugs dargestellt. An dieser Position X befindet sich das Fahrzeug zu einem Anfangszeitpunkt. Weiterhin ist eine anzufahrende Position Y dargestellt. Zu dieser anzufahrenden Position Y soll sich das Fahrzeug entlang der Trajektorie T bewegen. Die Trajektorie T wird dabei nur durch den befahrbaren Bereich 50* geführt und kreuzt nicht den nicht befahrbaren Bereich 60. Dadurch wird verhindert, dass das Fahrzeug in einen nicht befahrbaren Bereich 60 gerät und dadurch gefährdet wird.

[0056] Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung des Umfelds 4 des Fahrzeugs mit einer überlagerten Belegungskarte M. Gezeigt ist zum einen die gleiche Aufnahme wie in Fig. 2 sowie eine weitere Aufnahme. Beide Aufnahmen sind nebeneinander angeord-

net und stellen somit eine Umgebungsansicht (surround view) des Fahrzeugs dar. Das Zusammenfügen der beiden Aufnahmen wird auch als Image-Stitching bezeichnet.

[0057] Die Belegungskarte **M** ist über die eigentlichen Kamerabilder gelegt worden. Dadurch ist in den Bildern eindeutig erkennbar, welche Bereiche befahrbare Bereiche **50*** und welche Bereiche nicht befahrbare Bereiche **60** sind. Diese Umgebungsansicht **U** kann dem Fahrer des Fahrzeugs mittels der Anzeigevorrichtung des Fahrzeugs ausgegeben werden. Somit kann dieser während der Fahrt mit dem Fahrzeug eindeutig feststellen, ob er sich auf einen befahrbaren Bereich zubewegt oder auf einen nicht befahrbaren Bereich **60**.

[0058] Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens **V** zur Bestimmung einer Befahrbarkeit eines Bereichs **50** für das Fahrzeug **1**. In einem ersten Schritt **101** wird mittels des Umfeld-Sensors des Fahrzeug ein Umfeld **4** des Fahrzeugs erfasst. Dadurch werden Bilddaten **B** generiert.

[0059] In einem zweiten Schritt **102** wird mittels dieser Bilddaten **B** eine 3D-Punktwolke **P** erzeugt. Dies erfolgt mittels eines Structure from Motion oder mittels eines Visual SLAM-Verfahrens.

[0060] In einem dritten Schritt **103** wird eine Fläche durch die 3D-Punktwolke **P** gefittet. Dadurch kann ein Gitter erhalten werden.

[0061] In einem vierten Schritt **104a** werden fahrzeugspezifische Zugänglichkeitskriterien **Z** auf die gefittete 3D-Punktwolke **P** angewendet. Die Zugänglichkeitskriterien **Z** sind mittels fahrzeugspezifischer Breiten- und Winkel-Limitierungen ausgeformt. In einem optionalen zusätzlichen vierten Schritt **104b** wird ausgehend von der 3D-Punktwolke **P** die Fläche zusätzlich zu einer Belegungskarte **M** reduziert. Diese Belegungskarte **M** kann beispielsweise eine 2D-Belegungskarte sein. 2D-Belegungskarten sind in den Fig. 3, Fig. 4 und Fig. 5 dargestellt.

[0062] Diese Belegungskarte **M** kann dem Fahrer mittels der Anzeigevorrichtung des Fahrzeugs ausgegeben werden.

[0063] In einem fünften Schritt **105** wird ausgehend von den Zugänglichkeitskriterien **Z** und der 3D-Punktwolke **P** derjenige Bereich **50** in der Umgebung ermittelt, welcher den Zugänglichkeitskriterien **Z** entspricht.

[0064] In einem sechsten Schritt **106** wird derjenige Bereich **50** als befahrbar **50*** ausgegeben, der eben diesen Zugänglichkeitskriterien **Z** entspricht. Die folgenden Schritte sind optional. Diese können entwe-

der sämtlich verwirklicht sein oder es können auch nur einzelne dieser Schritte verwirklicht sein.

[0065] In einem siebten Schritt **107** wird zusätzlich überprüft, ob der befahrbare Bereich **50*** mit einer Position **X** des Fahrzeugs verbunden ist. Verbunden bedeutet, dass das Fahrzeug ausgehend von seiner aktuellen Position **X** den Bereich **50*** erreichen kann, ohne einen nicht befahrbaren Bereich **60** durchqueren zu müssen.

[0066] In einem optionalen achten Schritt **108** wird zusätzlich eine anzufahrende Position **Y** für das Fahrzeug festgelegt. Ausgehend von der aktuellen Position **X** des Fahrzeugs und von der festgelegten anzufahrenden Position **Y** und von dem befahrbaren Bereich **50*** wird eine Trajektorie **T** ermittelt, die das Fahrzeug abfahren kann, um von seiner aktuellen Position **X** zu der anzufahrenden Position **Y** zu gelangen. In einem darauf folgenden weiteren optionalen Schritt **109** wird ausgehend von der Trajektorie **T** in die Fahrdynamik des Fahrzeugs eingegriffen, so dass das Fahrzeug die Trajektorie **T** abfährt. Der Eingriff in die Fahrdynamik erfolgt mittels der Steuereinrichtung welche auf das Antriebssystem des Fahrzeugs zugreift und dieses ansteuert. Das Ansteuern erfolgt derart, dass das Fahrzeug die Trajektorie **T** abfahren kann.

[0067] In einem weiteren optionalen Schritt **110** wird der befahrbare Bereich **50*** und/oder die Trajektorie **T** in der Umgebungsansicht **U** des Fahrzeugs angezeigt. Dies wird an den Fahrer des Fahrzeugs mittels der Anzeigevorrichtung ausgegeben.

[0068] Das in Fig. 7 dargestellte Verfahren läuft dabei kontinuierlich ab. D.h., dass solange das Fahrzeug sich in einem Fahrbetrieb befindet und sich in einer Offroad-Umgebung bewegt, das Verfahren **V** angewendet wird.

Bezugszeichenliste

1	Fahrzeug
2	Umfeld-Sensor
3	Steuereinrichtung
4	Umgebung
5	Anzeigevorrichtung
6	Antriebssystem
7	Positionsbestimmungs-System
50	Bereich
50*	befahrbarer Bereich
55	Fahr-Bereich
60	nicht befahrbarer Bereich
101	erster Schritt

102	zweiter Schritt
103	dritter Schritt
104a	vierter Schritt
104b	vierter ergänzender Schritt
105	fünfter Schritt
106	sechster Schritt
107	siebter Schritt
108	achter Schritt
109	neunter Schritt
110	zehnter Schritt
B	Bilddaten
M	2D-Belegungskarte
P	3D-Punktwolke
T	Trajektorie
U	Umgebungsansicht
V	Verfahren
X	Position
Y	anzufahrende Position
Z	Zugänglichkeits-Kriterien

Patentansprüche

1. Verfahren (V) zur Bestimmung einer Befahrbarkeit wenigstens eines Bereichs (50; 50*) eines Geländes für ein Fahrzeug (1), wobei das Fahrzeug wenigstens einen Umfeld-Sensor (2) und wenigstens eine Steuereinrichtung (3) aufweist, welche miteinander verbunden sind, wobei

- mittels des wenigstens einen Umfeld-Sensors (2) ein Umfeld (4) des Fahrzeugs (1) erfasst wird, wodurch Bilddaten (B) generiert werden,
- ausgehend von den Bilddaten (B) eine 3D-Punktwolke (P) erzeugt wird,
- eine Fläche durch die 3D-Punktwolke (P) gefittet wird,
- fahrzeugspezifische Zugänglichkeits-Kriterien (Z) auf die gefittete 3D-Punktwolke (P) angewendet werden, wobei die Zugänglichkeits-Kriterien (Z) mittels fahrzeugspezifischer Breiten- und Winkel-Limitierungen ausgeformt sind,
- ausgehend davon der wenigstens eine Bereich (50, 50*) der Umgebung (4) ermittelt wird, welcher den Zugänglichkeits-Kriterien (Z) entspricht,
- dieser Bereich (50, 50*) als befahrbar (50*) ausgegeben wird.

2. Verfahren (V) nach Anspruch 1, wobei ausgehend von der 3D-Punktwolke (P) die Fläche zusätzlich zu einer Belegungskarte (M) reduziert wird, welche als 2D- Belegungskarte (M) oder als 2,5D-Bele-

gungskarte ausgebildet ist, wobei die Belegungskarte (M) anzeigbar ist.

3. Verfahren (V) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die 3D-Punktwolke (P) oder das Gitter mit einer Umgebungskarte kombiniert wird.

4. Verfahren (V) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei zusätzlich überprüft wird, ob der wenigstens eine Bereich (50) mit einer Position (X) des Fahrzeugs (1) verbunden ist, und wobei bei Vorliegen einer Verbindung der Bereich (50, 50*) als erreichbar ausgegeben wird.

5. Verfahren (V) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei zusätzlich eine anzufahrende Position (Y) für das Fahrzeug (1) festgelegt wird, wobei ausgehend von dem wenigstens einen befahrbaren Bereich (50, 50*) wenigstens eine Trajektorie (T) ermittelt wird, die durch das Fahrzeug (1) abfahrbar ist.

6. Verfahren (V) nach Anspruch 5, wobei ausgehend von der wenigstens einen Trajektorie (T) in die Fahrdynamik des Fahrzeugs (1) eingegriffen wird, so dass das Fahrzeug (1) die Trajektorie (T) abfährt.

7. Verfahren (V) nach Anspruch 5 oder 6, wobei die wenigstens eine Trajektorie (T) in einer Umgebungsansicht (U) des Fahrzeugs (1) angezeigt wird.

8. Verfahren (V) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der wenigstens eine befahrbare Bereich (50, 50*) in der Umgebungsansicht (U) des Fahrzeugs (1) angezeigt wird.

9. Verfahren (V) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei mittels eines trainierten künstlichen neuronalen Netzes ausgehend von den Bilddaten (B) zusätzlich eine Bodenbeschaffenheit ermittelt wird, welche mittels der Zugänglichkeits-Kriterien (Z) überprüft wird, wobei wenigstens ein Fahr-Bereich (55) der Umgebung (4) ermittelt wird, welcher den Zugänglichkeits-Kriterien (Z) entspricht, wobei dieser Fahr-Bereich (55) mit dem wenigstens einen Bereich (50, 50*) verglichen wird, um den wenigstens einen Bereich (50) zu plausibilisieren.

10. Steuereinrichtung (3) für ein Fahrzeug (1), wobei die Steuereinrichtung (3) mit wenigstens einem Umfeld-Sensor (2) des Fahrzeugs (1) verbindbar ist, wobei die Steuereinrichtung (3) Mittel aufweist, die das Verfahren (V) nach einem der vorherigen Ansprüche ausführen.

11. Computerprogrammprodukt umfassend Befehle, die bei einer Ausführung des Programms durch eine Steuereinrichtung (3) nach Anspruch 10, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausführen.

12. Fahrzeug (1) aufweisend eine Steuereinrichtung (3) nach Anspruch 10 und wenigstens einen Umfeld-Sensor (2), wobei die Steuereinrichtung (3) mit dem wenigstens einen Umfeld-Sensor (2) verbunden ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

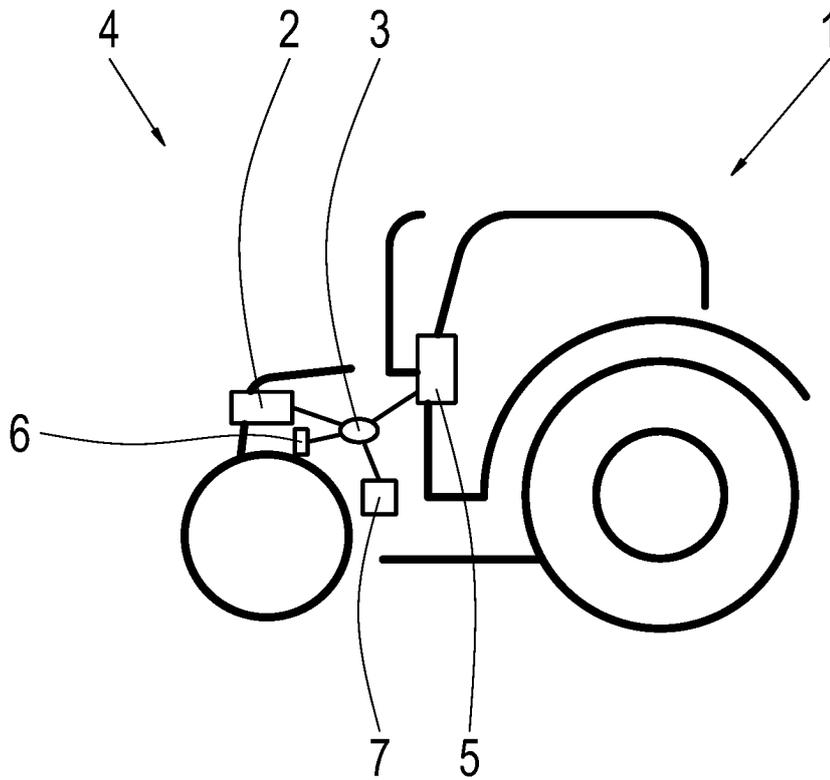


Fig. 1

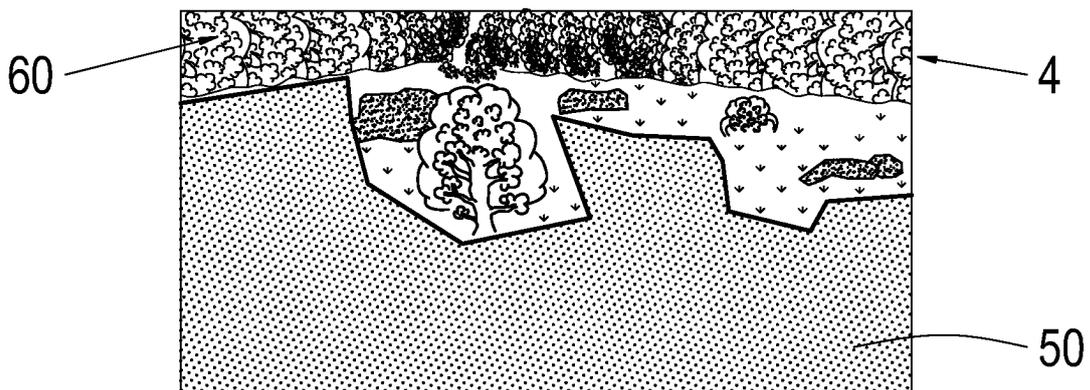


Fig. 2

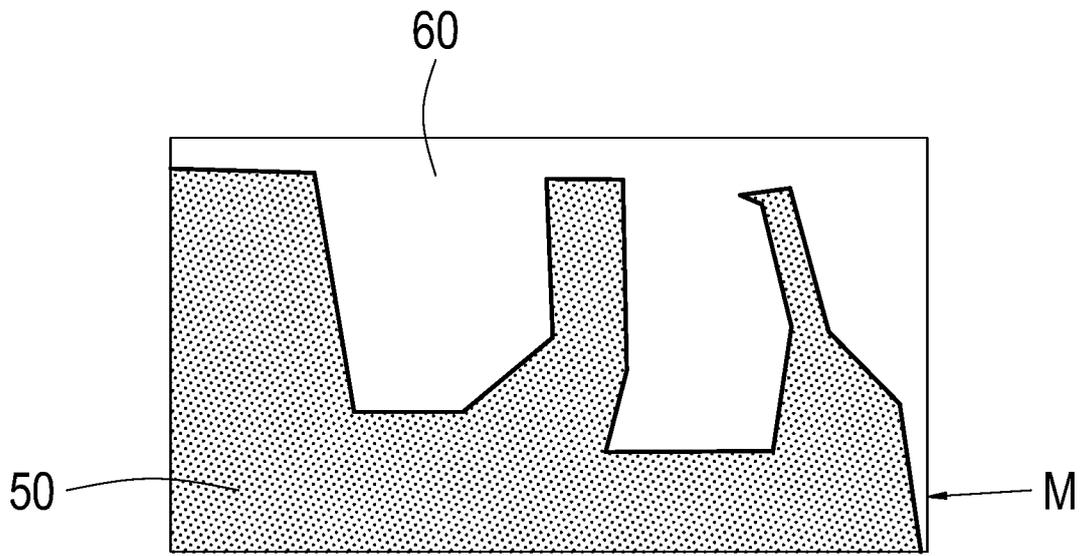


Fig. 3

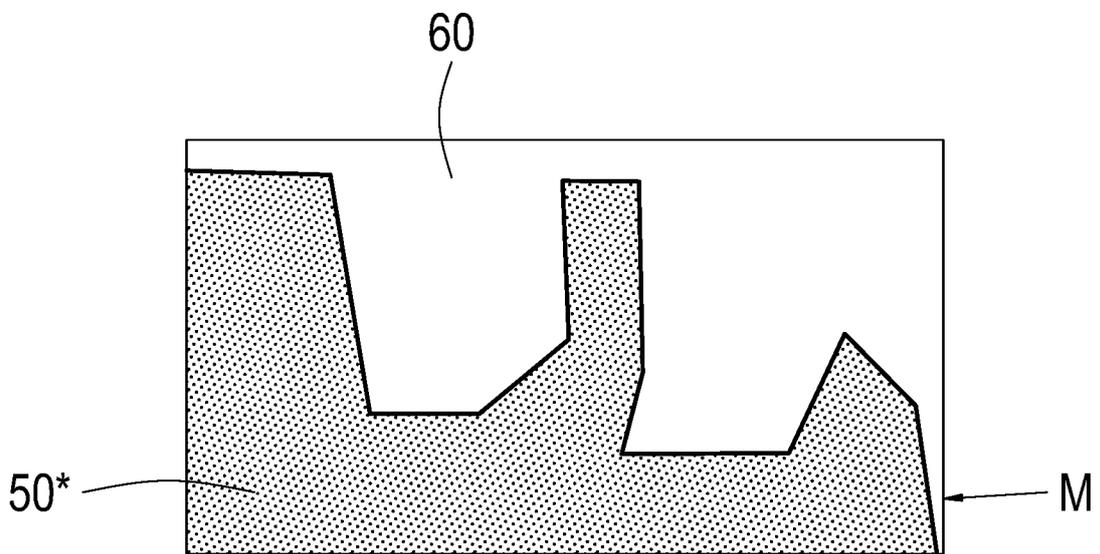


Fig. 4

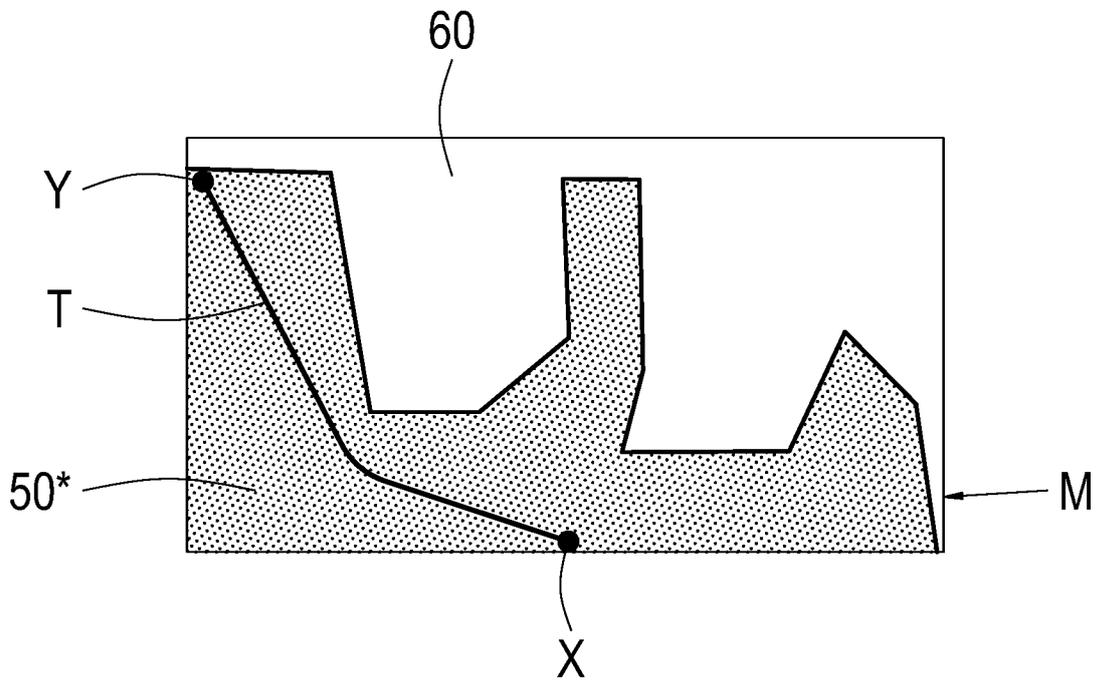


Fig. 5

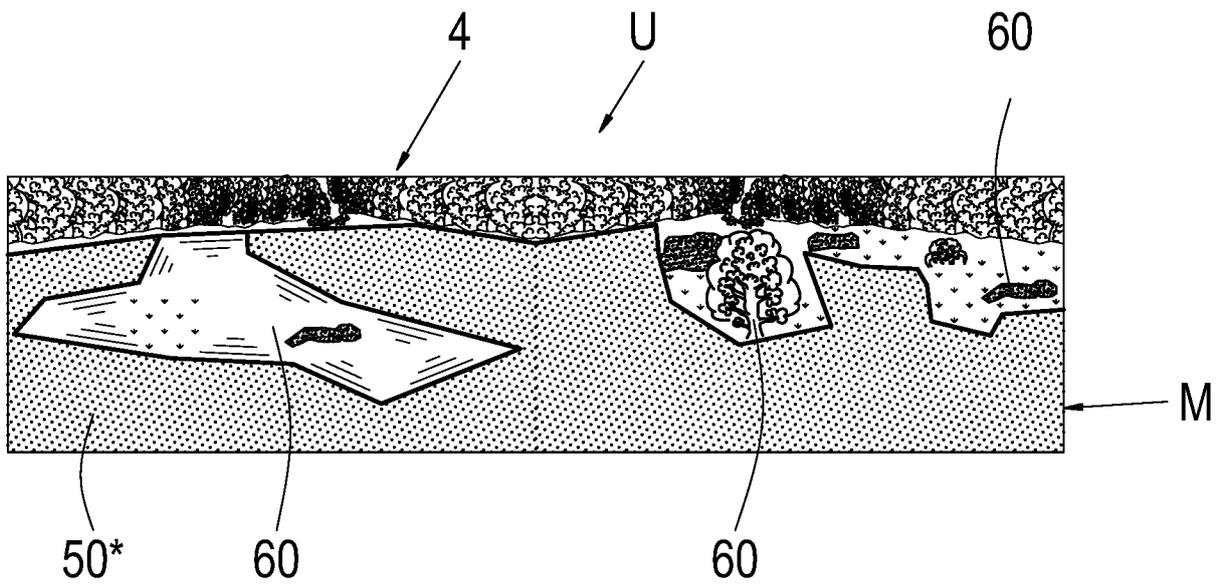


Fig. 6

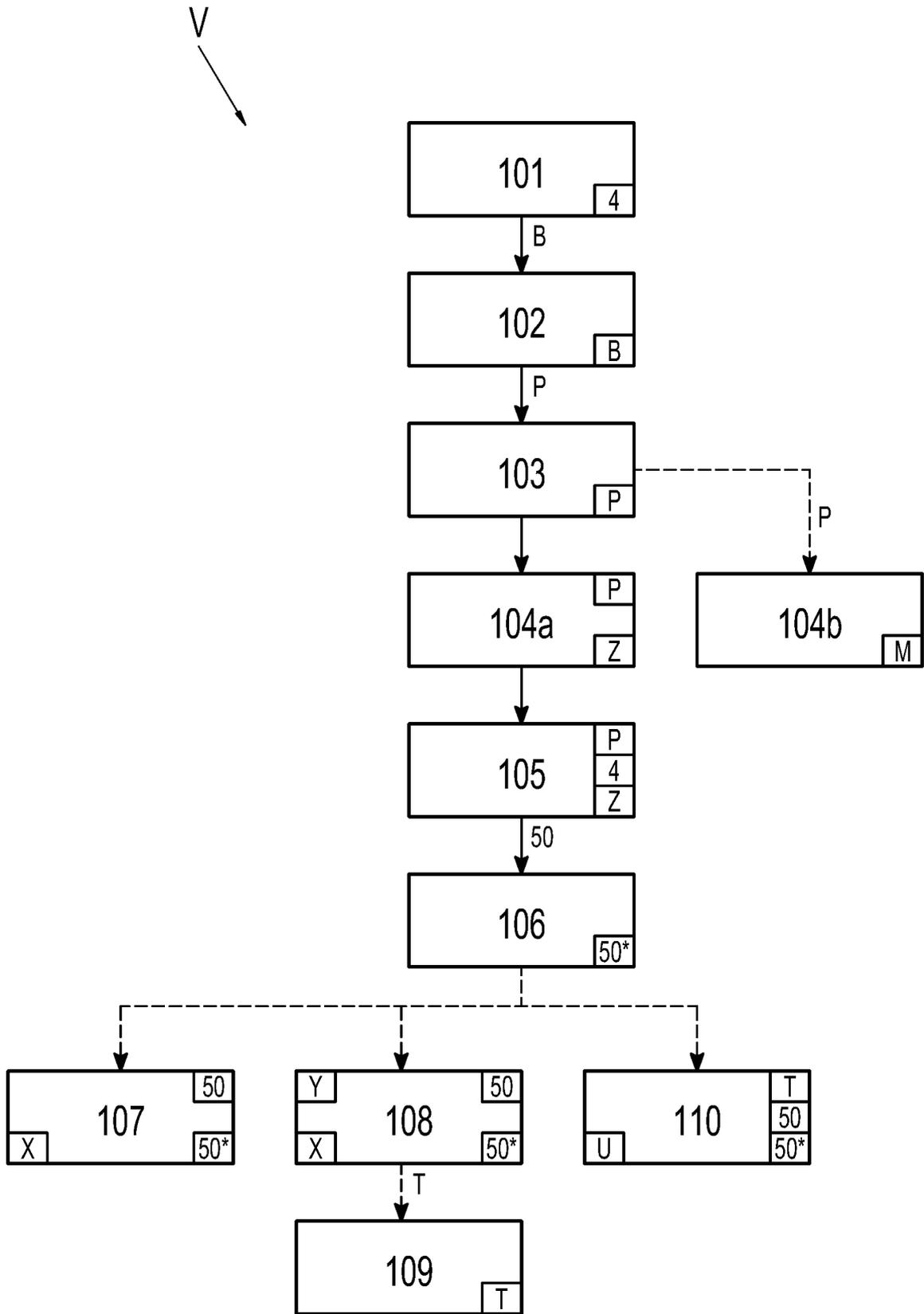


Fig. 7