(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
01. Oktober 2020 (01.10.2020)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/193129 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
A01B 69/04 (2006.01) *B62D 1/28* (2006.01)
B62D 15/02 (2006.01) *B62D 7/15* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/056421

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. März 2020 (11.03.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 204 255.4
27. März 2019 (27.03.2019) DE

(71) Anmelder: **ZF FRIEDRICHSHAFEN AG** [DE/DE]; Löwentaler Straße 20, 88046 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: **IKONEN, Tommy**; Fuchsweg 6, 88045 Friedrichshafen (DE). **KUHN, Jan-Frederik**; Eggenweg 11/3, 88046 Friedrichshafen (DE). **MARTYNENKO, Roman**; Moltkestraße 43/2, 88046 Friedrichshafen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:
— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

(54) **Title:** METHOD AND CONTROL DEVICE FOR STEERING AN AGRICULTURAL VEHICLE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND STEUEREINRICHTUNG ZUM LENKEN EINES LANDWIRTSCHAFTLICHEN FAHRZEUGS

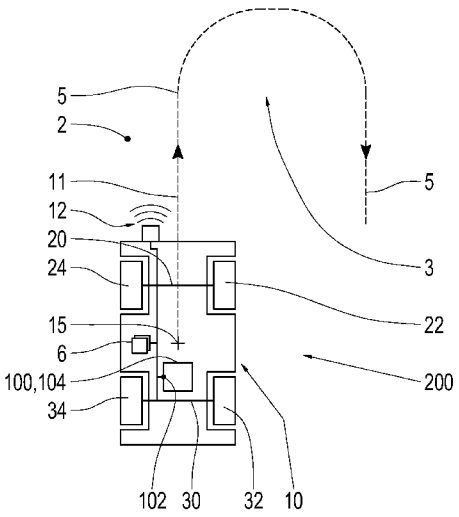


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for the automatic steering of an agricultural vehicle on agricultural acreage. The agricultural vehicle has at least two steerable axles. A route for the automatic travel of the agricultural vehicle over the agricultural acreage is predefined. A geometrical course characteristic of the predefined route is also determined. At least one steerable axle of the the agricultural vehicle is automatically selected in accordance with the geometrical course characteristic. The invention also relates to a control device for carrying out a method of this type, to an automatic steering system comprising two steerable axles and a control device of this type, and to an agricultural vehicle comprising an automatic steering system of this type.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zum automatisierten Lenken eines landwirtschaftlichen Fahrzeugs auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche. Das landwirtschaftliche Fahrzeug weist mindestens zwei lenkbare Achsen auf. Ein Pfad zum automatisierten Befahren der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit dem landwirtschaftlichen Fahrzeug wird vorbestimmt. Eine geometrische Verlaufseigenschaft des vorbestimmten Pfads wird zudem bestimmt. Mindestens eine lenkbare Achse des landwirtschaftlichen Fahrzeugs wird in Abhängigkeit der geometrischen Verlaufseigenschaft automatisiert ausgewählt. Die Erfindung beschreibt auch eine Steuereinrichtung zum Durchführen eines derartigen Verfahrens, ein automatisiertes Lenkungssystem mit zwei lenkbaren Achsen und einer derartigen Steuereinrichtung sowie ein landwirtschaftliches Fahrzeug mit einem solchen automatisierten Lenkungssystem.

WO 2020/193129 A1

Verfahren und Steuereinrichtung zum Lenken eines landwirtschaftlichen Fahrzeugs

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Lenken eines landwirtschaftlichen Fahrzeugs auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche und eine Steuereinrichtung zum Durchführen eines derartigen Verfahrens. Die Erfindung betrifft zudem ein automatisches Lenkungssystem für ein landwirtschaftliches Fahrzeug und ein landwirtschaftliches Fahrzeug mit einem derartigen Lenkungssystem.

In der Landmaschinentechnik sind landwirtschaftliche Fahrzeuge, welche eine Allradlenkung aufweisen, bekannt. Ein Fahrer eines derartigen landwirtschaftlichen Fahrzeugs kann die Allradlenkung des landwirtschaftlichen Fahrzeugs manuell aktivieren.

Die Erfindung bezieht sich in einem Aspekt auf ein Verfahren zum automatisierten Lenken eines landwirtschaftlichen Fahrzeugs auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche. Das landwirtschaftliche Fahrzeug weist mindestens zwei lenkbare Achsen auf. Bei den lenkbaren Achsen kann es sich um Fahrzeugachsen des landwirtschaftlichen Fahrzeugs mit lenkbaren Rädern handeln. Das landwirtschaftliche Fahrzeug kann mindestens vier lenkbare Räder beziehungsweise eine Vier-Rad-Lenkung, verteilt auf mindestens zwei Fahrzeugachsen, aufweisen.

Bei dem landwirtschaftlichen Fahrzeug kann es sich um eine landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Maschine, ein landwirtschaftliches oder forstwirtschaftliches Gerät oder ein landwirtschaftliches oder forstwirtschaftliches Nutzfahrzeug handeln. Es kann sich bei dem landwirtschaftlichen Fahrzeug um ein landwirtschaftliches Zugfahrzeug handeln, beispielsweise um einen Traktor. Es kann sich bei dem landwirtschaftlichen Fahrzeug auch um ein landwirtschaftliches Arbeitsfahrzeug handeln, beispielsweise um einen Sprayer. Bei der landwirtschaftlichen Nutzfläche kann es sich um eine zu bewirtschaftende landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Fläche handeln. Beispielsweise kann die landwirtschaftliche Nutzfläche ein Acker, ein Feld mit angepflanzten oder abgeernteten Nutzpflanzen, eine Wiese oder einen Wald aufweisen.

Das automatisierte Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs kann ein automatisiertes Steuern von einer Fahrzeuglenkung des landwirtschaftlichen Fahrzeugs aufweisen. Das

automatisierte Lenken beziehungsweise das automatisierte Steuern der Fahrzeuglenkung kann ferner ein automatisiertes Einstellen von Lenkwinkeln oder Lenkeinschlägen von Rädern des landwirtschaftlichen Fahrzeugs aufweisen. Das Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs, das Steuern der Fahrzeuglenkung oder das Einstellen von Lenkwinkeln oder Lenkeinschlägen kann ein jeweiliges Steuern von den mindestens zwei lenkbaren Achsen des landwirtschaftlichen Fahrzeugs aufweisen. Das Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs, das Steuern der Fahrzeuglenkung oder das Einstellen von Lenkwinkeln oder Lenkeinschlägen kann ferner ein jeweiliges Steuern von einzelnen Rädern des landwirtschaftlichen Fahrzeugs aufweisen.

Das automatisierte Lenken kann ein automatischen Aktivieren oder Deaktivieren der Fahrzeuglenkung aufweisen. Das automatisierte Lenken kann auch ein automatisches Aktivieren oder Deaktivieren von mindestens einer der mindestens zwei lenkbaren Achsen beziehungsweise einzelner Räder zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs aufweisen.

Das Verfahren weist als einen Schritt ein Vorbestimmen von einem Pfad auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche zum automatisierten Befahren der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit dem landwirtschaftlichen Fahrzeug auf.

Das automatisierte Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche kann eine automatisierte Spurführung des landwirtschaftlichen Fahrzeugs aufweisen. Das landwirtschaftliche Fahrzeug kann entlang oder versetzt zu dem vorbestimmten Pfad automatisiert gelenkt beziehungsweise geführt werden. Der vorbestimmte Pfad kann eine abzufahrende Trajektorie (Soll-Trajektorie) oder Fahrspur aufweisen. Bei der Trajektorie kann es sich um eine vorbestimmte Trajektorie oder um eine auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche erfasste Trajektorie handeln.

Bei der Fahrspur kann es sich um eine vorbestimmte Fahrspur oder um eine auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche erfasste Fahrspur handeln. Das landwirtschaftliche Fahrzeug kann so in vorteilhafter Weise automatisch auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche gelenkt werden, wobei die lenkbaren Achsen hierfür selektiv aktiviert werden können.

Das Verfahren weist als einen weiteren Schritt ein Bestimmen von mindestens einer geometrischen Verlaufseigenschaft des vorbestimmten Pfads auf.

Die geometrische Verlaufseigenschaft kann eine Krümmung des vorbestimmten Pfads aufweisen. Die geometrische Verlaufseigenschaft kann auch eine Neigung des vorbestimmten Pfads aufweisen. Bei der geometrischen Verlaufseigenschaft kann es sich um einen lagemäßigen Verlauf des vorbestimmten Pfads handeln. Bei der geometrischen Verlaufseigenschaft kann es sich auch um einen höhenmäßigen Verlauf des vorbestimmten Pfads handeln. Die geometrische Verlaufseigenschaft kann mindestens eines von einem Verlauf oder einem Parameter von einer Trajektorie und einem Verlauf oder einem Parameter von einer Gradiente des vorbestimmten Pfads aufweisen. Die geometrische Verlaufseigenschaft kann ein geometrisches Element des vorbestimmten Pfads, beispielsweise einen Geradenabschnitt, einen Kreisbogen oder eine Klothoide aufweisen. Die geometrische Verlaufseigenschaft kann auch eine steigende oder fallende Rampe aufweisen.

Das Verfahren weist als einen weiteren Schritt ein automatisiertes Auswählen von mindestens einer der lenkbaren Achsen zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs entlang des vorbestimmten Pfads in Abhängigkeit der mindestens einen bestimmten geometrischen Verlaufseigenschaft auf.

Das automatisierte Auswählen kann ein automatisiertes Bestimmen oder Festlegen von der mindestens einen der lenkbaren Achsen zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs entlang des vorbestimmten Pfads in Abhängigkeit der mindestens einen bestimmten geometrischen Verlaufseigenschaft aufweisen. Das automatisierte Auswählen kann somit ein automatisiertes und aktives Auswählen von der mindestens einen der lenkbaren Achsen zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs entlang des vorbestimmten Pfads in Abhängigkeit der mindestens einen bestimmten geometrischen Verlaufseigenschaft aufweisen. Das automatisierte Auswählen kann ferner eine Vorauswahl von der mindestens einen der lenkbaren Achsen für weitere Schritte des Verfahrens aufweisen. Das automatisierte Auswählen kann auch ein automatisiertes Wechseln einer aktuellen Fahrzeuglenkung aufweisen.

Im Rahmen der Erfindung kann ein landwirtschaftliches Fahrzeug mit mindestens zwei lenkbaren Achsen in Abhängigkeit von einer Geometrie eines abzufahrenden Pfads automatisiert gelenkt werden. Ein Lenkmodus beziehungsweise eine Lenkkonfiguration von zwei lenkbaren Achsen des landwirtschaftlichen Fahrzeugs kann hierfür mit der Erfindung automatisiert ausgewählt werden, um das landwirtschaftliche Fahrzeug beim Abfahren eines vorbestimmten Pfads automatisch zu lenken. Mindestens ein Lenkwinkel kann in Abhängigkeit der automatischen Achswahl ebenfalls automatisiert berechnet werden. Beim Folgen des Pfads kann eine automatisierte Auswahl von mindestens einer der lenkbaren Achsen, ein Lenkmodus oder eine Lenkkonfiguration zudem automatisiert geändert oder gewechselt werden. Ein derartiges Ändern oder Wechseln kann während einer Fahrt des landwirtschaftlichen Fahrzeugs ausgeführt werden. Ein derartiges Ändern kann alternativ dazu auch im Stillstand des landwirtschaftlichen Fahrzeugs durchgeführt werden. Der Stillstand kann erforderlich sein, um das Ändern durchzuführen.

Eine Ausführungsform des Verfahrens weist als einen weiteren Schritt ein automatisiertes Auswählen von zwei lenkbaren Achsen zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs entlang des vorbestimmten Pfads auf. Die zwei lenkbaren Achsen können alle lenkbaren Achsen des landwirtschaftlichen Fahrzeugs sein. Die zwei lenkbaren Achsen können auch zwei von mindestens drei lenkbaren Achsen des landwirtschaftlichen Fahrzeugs sein.

Gemäß dieser Ausführungsform kann das Verfahren als einen weiteren Schritt ein automatisiertes Auswählen von einer Fahrzeuglenkung mit den zwei lenkbaren Achsen zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs entlang des vorbestimmten Pfads aufweisen. Das automatisierte Auswählen von der Fahrzeuglenkung kann ein automatisiertes Bestimmen oder Auswählen von der Fahrzeuglenkung mit zwei lenkbaren Achsen zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs aufweisen.

Die Fahrzeuglenkung kann eine Auswahl von mindestens einer der lenkbaren Achsen aufweisen. Weist die Fahrzeuglenkung eine Auswahl von zwei lenkbaren Achsen auf, kann zudem festgelegt werden, ob die Räder der jeweiligen Achsen gegensinnig oder

gleichsinnig (aus-)gelenkt werden. Die Fahrzeuglenkung kann aus einer gegensinnigen Fahrzeuglenkung der zwei lenkbaren Achsen und aus einer gleichsinnigen Fahrzeuglenkung der zwei lenkbaren Achsen ausgewählt werden.

Bei der gegensinnigen Fahrzeuglenkung und bei der gleichsinnigen Fahrzeuglenkung kann es sich jeweils um verschiedene Lenkmodi von einer Allradlenkung des landwirtschaftlichen Fahrzeugs handeln. Bei der gegensinnigen Fahrzeuglenkung können die Räder von einer Vorderachse des landwirtschaftlichen Fahrzeugs gegensinnig zu Rädern von einer Hinterachse des landwirtschaftlichen Fahrzeugs (aus-)gelenkt werden. Bei der gleichsinnigen Fahrzeuglenkung können Räder der Vorderachse des landwirtschaftlichen Fahrzeugs gleichsinnig zu Rädern der Hinterachse des landwirtschaftlichen Fahrzeugs ausgelenkt werden. Mit der gegensinnigen Fahrzeuglenkung kann ein gekrümmter Abschnitt des vorbestimmten Pfads abgefahren werden. Mit der gleichsinnigen Fahrzeuglenkung kann ein geradliniger Abschnitt oder ein gekrümmter Abschnitt des vorbestimmten Pfads abgefahren werden.

Die gegensinnigen Lenkung kann ferner eine Proportionallenkung, eine Gleichlauflenkung oder eine Verzögerungslenkung aufweisen. Bei der Proportionallenkung können Räder einer Hinterachse gegensinnig und in einem bestimmten Verhältnis zu Rädern einer Vorderachse ausgelenkt werden. Bei der Gleichlauflenkung können Räder einer Hinterachse mit gleichen, gegensinnigen Lenkausschlägen zu Rädern einer Vorderachse ausgelenkt werden. Bei der Verzögerungslenkung können Räder der Hinterachse erst dann zeitlich verzögert ausgelenkt werden, wenn Räder der Vorderachse einen vorbestimmten Lenkeinschlag erreicht haben.

Beispielsweise kann die gegensinnige Lenkung eingesetzt werden, wenn das Fahrzeug einen Winkelfehler aufweist. Ein Winkelfehler liegt dann vor, wenn eine tatsächliche Ausrichtung des Fahrzeugs abweicht von der gewünschten oder idealen Ausrichtung des Fahrzeugs, welche mit einer Soll-Trajektorie korrespondiert. Durch die gegensinnige Lenkung kann somit ein Fahrzeugwinkel korrigiert werden.

Die gleichsinnige Lenkung kann eine Hundeganglenkung aufweisen. Bei der Hundeganglenkung können die Räder einer Vorderachse in die gleiche (Dreh-)Richtung wie

die Räder einer Hinterachse eingeschlagen und ausgelenkt werden. Die Räder der Vorderachse und der Hinterachse können so parallel zueinander ausgelenkt werden. Ferner können die Räder der Hinterachse so auch bei einer Geradeausfahrt versetzt zu den Rädern der Vorderachse laufen. Ein Kippgefahr in steilem Gelände kann so reduziert werden.

Die gleichsinnige Lenkung kann beispielsweise eingesetzt werden, wenn das Fahrzeug einen Lateralfehler aufweist. Dabei befindet sich das Fahrzeug lateral nicht auf der Soll-Trajektorie, allerdings ist kein Winkelfehler vorhanden. In diesem Fall kann die Hundeganglenkung genutzt werden, so dass das Fahrzeug sich auf der Soll-Trajektorie bewegt. Selbstverständlich kann ein Winkelfehler gleichzeitig mit einem Lateralfehler auftreten. In diesem Fall kann ein abwechselndes gleichsinniges Lenken und gegensinniges Lenken eingesetzt werden. Somit kann der jeweilige Lenkmodus auch aufgrund von Abweichungen von Fahrzeugposition und Winkel zur abzufahrenden Trajektorie gewählt werden.

Eine weitere Ausführungsform des Verfahrens weist als einen weiteren Schritt ein automatisiertes Auswählen von einer Fahrzeuglenkung aus einer Vorderachslenkung, einer Hinterachslenkung und einer Allradlenkung auf. Wird im Schritt des automatisierten Auswählens nur eine lenkbare Achse ausgewählt, kann die Vorderachslenkung oder die Hinterachslenkung ausgewählt werden. Werden im Schritt des automatisierten Auswählens mindestens zwei lenkbare Achsen ausgewählt, kann die Allradlenkung ausgewählt werden. Bei der Vorderachslenkung können allein Räder auf einer Vorderachse des landwirtschaftlichen Fahrzeugs ausgelenkt werden. Bei der Hinterachslenkung können allein Räder auf einer Hinterachse des landwirtschaftlichen Fahrzeugs ausgelenkt werden. Bei der Allradlenkung können sowohl Räder der Vorderachse als auch Räder der Hinterachse des landwirtschaftlichen Fahrzeugs ausgelenkt werden. Bei der Allradlenkung können die Räder der Vorderachse und die Räder der Hinterachse gegensinnig oder gleichsinnig ausgelenkt werden. Weist das landwirtschaftliche Fahrzeug mehr als zwei lenkbare Achsen auf, kann zusätzlich festgelegt werden, ob mindestens eine weitere lenkbare Achse zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs ausgewählt wird.

Im Schritt des automatisierten Auswählens von der Fahrzeuglenkung kann zudem eine Einzelradlenkung ausgewählt werden. Das landwirtschaftliche Fahrzeug kann Räder auf mindestens einer lenkbaren Achse aufweisen, welche einzeln (aus-)lenkbar sind. Die auf mindestens einer lenkbaren Achse einzeln (aus-)lenkbaren Räder können voneinander unabhängig (aus-)lenkbar sein. Bei der Einzelradlenkung können alle oder einzelne Räder des landwirtschaftlichen Fahrzeugs einzeln (aus-)lenkbar und unabhängig voneinander (aus-)lenkbar sein.

Eine weitere Ausführungsform des Verfahrens weist den weiteren Schritt des automatisierten Auswählens von zwei lenkbaren Achsen zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs entlang des vorbestimmten Pfads auf. Gemäß dieser Ausführungsform weist das Verfahren als weiteren Schritt ein automatisiertes Festlegen von Lenkeinschlägen von Rädern der zwei lenkbaren Achsen zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs entlang des vorbestimmten Pfads auf.

Lenkeinschläge von Rädern der mindestens zwei lenkbaren Achsen können unabhängig oder abhängig voneinander festgelegt werden. Lenkeinschläge von Rädern einer Vorderachse des landwirtschaftlichen Fahrzeugs können unabhängig von Lenkeinschlägen von Rädern einer Hinterachse des landwirtschaftlichen Fahrzeugs festgelegt werden. Somit können Lenkeinschläge von Rädern auf den zwei lenkbaren Achsen achsunabhängig festgelegt werden. Für derartige achsunabhängige Lenkeinschläge werden im Schritt des Auswählens mindestens zwei der lenkbaren Achsen ausgewählt. Alternativ oder zusätzlich können Lenkeinschläge von Rädern auf einer Fahrzeugachse unabhängig voneinander festgelegt werden. Somit können Lenkeinschläge von Rädern von einer der zwei lenkbaren Achsen auch radunabhängig festgelegt werden. Für derartige radunabhängige Lenkeinschläge wird im Schritt des Auswählens mindestens eine der lenkbaren Achsen ausgewählt.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens weist der Schritt des Bestimmens von der mindestens einen geometrischen Verlaufseigenschaft ein Erfassen der geometrischen Verlaufseigenschaft mit einer Umfelderfassungssensorik auf. Der Pfad kann auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche vorliegen. Mindestens ein Abschnitt des Pfads auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche kann mit der Umfelderfassungssensorik erfasst

werden. Die geometrische Verlaufseigenschaft kann aus Messdaten der Umfelderfassungssensorik abgeleitet werden.

Bei dem Pfad kann es sich um eine linienförmige Erhöhung auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche handeln. Bei der linienförmigen Erhöhung kann es sich beispielsweise um einen Schwad handeln. Bei dem Pfad kann es sich ferner um eine Kante, eine Grenze oder um eine Rinne auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche handeln. Bei der Rinne kann es sich beispielsweise um eine Fahrzeugspur in einem Bewuchs oder auf einer Geländeoberfläche der landwirtschaftlichen Nutzfläche handeln.

Die Umfelderfassungssensorik kann einen distanzmessenden Sensor aufweisen. Alternativ oder zusätzlich kann die Umfelderfassungssensorik eine Kamera aufweisen. Der distanzmessende Sensor kann auch als ein scannender Sensor ausgebildet sein. Bei dem distanzmessenden Sensor kann es sich beispielsweise um einen Laserscanner, ein Radarmessgerät oder um ein Ultraschallmessgerät handeln. Der Laserscanner, das Radarmessgerät oder das Ultraschallmessgerät kann als ein zweidimensional oder dreidimensional scannender Sensor ausgebildet sein. Die Kamera kann als eine RGB-Kamera oder als eine Multispektralkamera ausgebildet sein. Weist die Umfelderfassungssensorik einen distanzmessenden Sensor auf, kann der Pfad mit einer erfassten Punktwolke punktuell abgetastet werden. Weist die Umfelderfassungssensorik alternativ oder zusätzlich zu dem distanzmessenden Sensor eine Kamera auf, kann der Pfad bildbasiert mit einem Kamerabild aufgenommen werden.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens weist der Schritt des Bestimmens von der mindestens einen geometrischen Verlaufseigenschaft ein Ableiten der geometrischen Verlaufseigenschaft aus einem Geoinformationssystem auf. Das Geoinformationssystem (GIS) kann eine Karte der landwirtschaftlichen Nutzfläche aufweisen. Das Geoinformationssystem kann den Pfad aufweisen. Aus einer Datenbank des Geoinformationssystems kann die geometrische Verlaufseigenschaft des vorbestimmten Pfads abgefragt werden. Alternativ dazu kann die geometrische Verlaufseigenschaft des vorbestimmten Pfads mit dem Geoinformationssystem bestimmt werden. Der Pfad und die geometrische Verlaufseigenschaft können somit auch datenbankbasiert abgefragt werden.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens weist der Schritt des Bestimmens von der mindestens einen geometrischen Verlaufseigenschaft ein Bestimmen von Krümmungsinformation zu dem vorbestimmten Pfad auf. Die Krümmungsinformation kann eine Krümmung beziehungsweise einen Radius des Pfads aufweisen. Aus der bestimmten Krümmungsinformation kann mindestens ein Lenkwinkel zum Auslenken von mindestens einem Rad oder einer Achse des landwirtschaftlichen Fahrzeugs abgeleitet werden.

Eine weitere Ausführungsform des Verfahrens weist den weiteren Schritt des automatisierten Auswählens von zwei lenkbaren Achsen zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs entlang des vorbestimmten Pfads auf. Gemäß dieser Ausführungsform weist das Verfahren als weiteren Schritt ein Vergleichen der bestimmten Krümmungsinformation mit einem vordefinierten Krümmungsgrenzwert auf.

Gemäß dieser Ausführungsform weist das Verfahren als weiteren Schritt ein Auswählen von einer gegensinnigen Fahrzeuglenkung der zwei bestimmten lenkbaren Achsen auf, wenn die bestimmte Krümmungsinformation größer als der Krümmungsgrenzwert ist. Somit kann eine entsprechende Allradlenkung des landwirtschaftlichen Fahrzeugs dann ausgewählt werden, wenn ein gekrümmter Abschnitt des Pfads abgefahren werden soll, welcher eine Krümmung aufweist, die größer als der Krümmungsgrenzwert ist. So kann ein Wendekreis mit einem entsprechend kleinen Radius abgefahren werden. Ein Vorgewende entlang des Pfads kann so in vorteilhafter Weise sicher und genau auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche abgefahren werden.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens weist der Schritt des Bestimmens von der mindestens einen geometrischen Verlaufseigenschaft ein Bestimmen von Neigungsinformation zu dem vorbestimmten Pfad auf. Die Neigungsinformation kann eine Längsneigung entlang des vorbestimmten Pfads aufweisen. Alternativ oder zusätzlich kann die Neigungsinformation eine Querneigung entlang des vorbestimmten Pfads aufweisen. Die Neigungsinformation kann ferner einen dreidimensionalen Normalenvektor auf eine Geländeoberfläche entlang des vorbestimmten Pfads aufweisen. Der Normalenvektor kann sowohl eine Längsneigung als auch eine Querneigung definieren. Aus

der bestimmten Neigungsinformation kann mindestens ein Lenkwinkel zum Auslenken von mindestens einem Rad oder einer Achse des landwirtschaftlichen Fahrzeugs abgeleitet werden. Beim Ableiten von mindestens einem Lenkwinkel kann eine Orientierung des landwirtschaftliches Fahrzeug auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche relativ zum Pfad und dessen Neigungsinformation berücksichtigt werden.

Eine weitere Ausführungsform des Verfahrens weist den weiteren Schritt des automatisierten Auswählens von zwei lenkbaren Achsen zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs entlang des vorbestimmten Pfads auf. Gemäß dieser Ausführungsform weist das Verfahren als weiteren Schritt ein Vergleichen der bestimmten Neigungsinformation mit einem vordefinierten Neigungsinformationsgrenzwert auf. Der Neigungsinformationsgrenzwert kann einen Querneigungsgrenzwert aufweisen. Alternativ oder zusätzlich kann der Neigungsinformationsgrenzwert einen Längsneigungsgrenzwert aufweisen.

Gemäß dieser Ausführungsform weist das Verfahren als weiteren Schritt ein Auswählen von einer gleichsinnigen Fahrzeuglenkung der zwei bestimmten lenkbaren Achsen auf, wenn die bestimmte Neigungsinformation größer als der Neigungsinformationsgrenzwert ist. Somit kann eine entsprechende Allradlenkung des landwirtschaftlichen Fahrzeugs dann ausgewählt werden, wenn ein geneigter Abschnitt des Pfads abgefahren werden soll, welcher eine Neigungsinformation aufweist, die größer als der Neigungsinformationsgrenzwert ist. Zum Befahren einer Hangneigung entlang des vorbestimmten Pfads kann somit in vorteilhafter Weise eine Hundeganglenkung ausgewählt werden, welche ein Abfahren eines geradlinigen Abschnitts des vorbestimmten Pfads an einem Hang ermöglicht. Ein Hang kann so in vorteilhafter Weise auch senkrecht zu einer Fallinie sicher und genau abgefahren werden. Ein Abrutschen an einem Hang kann in vorteilhafter Weise vermieden werden. Einem Abrutschen an einem Hang kann so auch in vorteilhafter Weise entgegengewirkt werden.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens kann ein Bediener des landwirtschaftlichen Fahrzeugs beim Durchführen von mindestens einem der Schritte des Verfahrens interagieren. Ein Interagieren des Bedieners kann ein Auslösen der Schritte des Verfahrens aufweisen. Ein Interagieren des Bedieners kann auch ein Bestätigen von

ausgeführten Schritten des Verfahrens aufweisen. Ferner kann ein Interagieren des Bedieners ein Freigeben von mindestens einem der Schritte des Verfahrens, beispielsweise dem Schritt des automatisierten Auswählens oder dem Schritt des automatisierten Festlegens aufweisen. Bei dem Bediener kann es sich um einen Fahrer oder einen Bediener des landwirtschaftlichen Fahrzeugs handeln, welcher das landwirtschaftliche Fahrzeug fernsteuern kann. Zudem kann es vorgesehen sein, dass ein Bediener jeden nicht automatisiert durchzuführenden Schritt manuell durchführen kann und einen automatisiert durchzuführenden Schritt wieder manuell abändern kann.

Die Erfindung bezieht sich in einem weiteren Aspekt auf eine Steuereinrichtung zum Durchführen der Schritte von dem Verfahren nach dem vorhergehenden Aspekt. Die Steuereinrichtung kann die Schritte des Verfahrens zumindest teilautomatisiert durchführen.

Die Steuereinrichtung weist eine Schnittstelle zum Einlesen eines vorbestimmten Pfads zum automatisierten Befahren der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit dem landwirtschaftlichen Fahrzeug auf. Die Steuereinrichtung weist zudem eine Bestimmungseinheit zum Bestimmen von mindestens einer geometrischen Verlaufseigenschaft des vorbestimmten Pfads auf. Die Steuereinrichtung weist zudem eine Wahleinheit zum automatisierten Wählen von mindestens einer der lenkbaren Achsen zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs entlang des vorbestimmten Pfads in Abhängigkeit der bestimmten mindestens einen geometrischen Verlaufseigenschaft auf.

Die Erfindung bezieht sich in einem weiteren Aspekt auf ein automatisches Lenkungssystem für ein landwirtschaftliches Fahrzeug. Das automatische Lenkungssystem weist mindestens zwei lenkbare Achsen auf, welche an dem landwirtschaftlichen Fahrzeug zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs anordbar sind. Bei dem automatischen Lenkungssystem kann es sich daher um ein automatisch lenkbares Achssystem für ein landwirtschaftliches Fahrzeug handeln. Das automatische Lenkungssystem weist zudem eine Steuereinrichtung nach dem vorhergehenden Aspekt auf.

Eine Ausführungsform des automatischen Lenkungssystems weist eine Umfelderfassungssensorik auf. Die Umfelderfassungssensorik ist mit der Bestimmungseinheit zum

Bestimmen von der mindestens einen geometrischen Verlaufseigenschaft der Steuereinrichtung verbunden. Bei der Umfelderfassungssensorik handelt es sich um die beschriebene Umfelderfassungssensorik.

Alternativ oder zusätzlich zu der Umfelderfassungssensorik kann das automatische Lenkungssystems ein Geoinformationssystem aufweisen. Das Geoinformationssystem kann mit der Bestimmungseinheit zum Bestimmen von der mindestens einen geometrischen Verlaufseigenschaft der Steuereinrichtung verbunden sein. Bei dem Geoinformationssystem handelt es sich um das beschriebene Geoinformationssystem.

Die Erfindung bezieht sich in einem weiteren Aspekt auf ein landwirtschaftliches Fahrzeug, welches ein automatisiertes Lenkungssystem nach dem vorhergehenden Aspekt zum automatisierten Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche aufweist. Bei dem landwirtschaftlichen Fahrzeug handelt es sich um das beschriebene landwirtschaftliche Fahrzeug.

Fig. 1 zeigt in einer Draufsicht ein landwirtschaftliches Fahrzeug mit einem automatischen Lenkungssystem und einer Steuereinrichtung in einer jeweiligen Ausführungsform der Erfindung zur Erläuterung eines Verfahrens zum automatisierten Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche in einer Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 2 zeigt das landwirtschaftliche Fahrzeug mit einer automatisiert festgelegten Vorderachslenkung zur weiteren Erläuterung des Verfahrens.

Fig. 3 zeigt das landwirtschaftliche Fahrzeug mit einer automatisiert festgelegten Hinterachslenkung zur weiteren Erläuterung des Verfahrens.

Fig. 4 zeigt das landwirtschaftliche Fahrzeug mit einer automatisiert festgelegten gegensinnigen Allradlenkung zur weiteren Erläuterung des Verfahrens.

Fig. 5 zeigt das landwirtschaftliche Fahrzeug mit einer automatisiert festgelegten gleichsinnigen Allradlenkung zur weiteren Erläuterung des Verfahrens.

Fig. 6 zeigt das landwirtschaftliche Fahrzeug mit einer automatisiert festgelegten Einzelradlenkung zur weiteren Erläuterung des Verfahrens.

Fig. 7 zeigt das landwirtschaftliche Fahrzeug mit einer weiteren automatisiert festgelegten Einzelradlenkung zur weiteren Erläuterung des Verfahrens.

Fig. 8 zeigt ein Ablaufdiagramm mit Verfahrensschritten des Verfahrens zum automatisierten Lenken eines landwirtschaftlichen Fahrzeugs auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche in einer Ausführungsform der Erfindung.

Figur 1 zeigt ein landwirtschaftliches Fahrzeug 10 auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche 2. Das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 weist eine Vorderachse 20 als eine erste lenkbare Achse auf. Das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 weist eine Hinterachse 30 als eine zweite lenkbare Achse auf. Die Vorderachse 20 weist ein rechtes vorderes Rad 22 und ein linkes vorderes Rad 24 auf. Die Hinterachse 30 weist ein rechtes hinteres Rad 32 und ein linkes hinteres Rad 34 auf.

Das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 weist einen (Fahrzeug-)Bezugspunkt 15 auf, entlang welchem das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 einen Pfad 5 auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche 2 abfährt. Das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 bewegt sich ausgehend von dem Bezugspunkt 15 in einer Fahrtrichtung 11 des landwirtschaftlichen Fahrzeugs 10 auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche 2. Das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 bewegt sich aktuell entlang eines geradlinigen Abschnitts des Pfads 5 und auf ein zukünftig abzufahrende Vorgewende 3 des Pfads 5 zu.

Das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 weist eine Steuereinrichtung 100 auf, welche mit der Vorderachse 20 und der Hinterachse 30 zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs 10 verbunden ist. Die Steuereinrichtung 100 ist über eine in Figur 1 nicht gezeigte Steuerung der Vorderachse 20 mit dieser und über eine in Figur 1 nicht gezeigten Steuerung der Hinterachse 30 mit dieser verbunden.

Die Steuereinrichtung 100 ist mit einem Geoinformationssystem 6 und einer Umfelderfassungssensorik 12, welche beide in der gezeigten Ausführungsform auf dem landwirtschaftlichen Fahrzeug 10 angeordnet sind, verbunden. Mit dem Geoinformationssystem 6 und der Umfelderfassungssensorik 12 wird der geometrische Verlauf des Pfads 5 wahlweise bestimmt. Der Pfad 5 wird wahlweise aus Messdaten der Umfelderfassungssensorik 12 oder aus Daten des Geoinformationssystems 6 über eine Einleseschnittstelle 102 zum automatisierten Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs 10 entlang des Pfads 5 in die Steuereinrichtung 100 eingelesen. Eine geometrische Verlaufseigenschaft des Pfads 5, in der gezeigten Ausführungsform das Vorgewende 3, wird in der Steuereinrichtung 100 mit einer Bestimmungseinheit 104 bestimmt. Die Steuereinrichtung 100 wählt in Abhängigkeit der geometrischen Verlaufseigenschaft mindestens eine der beiden Achsen 20, 30 aus, mit welcher das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 entlang des Pfads 5 gelenkt werden soll.

Das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 hat ein automatisches Lenkungssystem 200, welches die beiden Achsen 20, 30 und die Steuereinrichtung 100 aufweist. Das automatische Lenkungssystem 200 weist zudem die Umfelderfassungssensorik 12 und das Geoinformationssystem 6 auf.

Figur 2 zeigt das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 beim Abfahren eines linksgekrümmten Abschnitts eines Pfads 5. Zum Abfahren des Pfads 5 ist eine Vorderachslenkung 21 automatisiert von der Steuereinrichtung 100 festgelegt worden. Die Räder 22, 24 der Vorderachse 20 werden in Fahrtrichtung 11 des landwirtschaftlichen Fahrzeugs 10 nach links ausgelenkt. Das kurveninnere linke vordere Rad 24 wird dabei stärker ausgelenkt als das kurvenäußere rechte vordere Rad 22. Der innere Spurkreis 18 der kurveninneren Räder 24, 34 hat einen kleineren Spurkreisradius als der äußere Spurkreis 16 der kurvenäußeren Räder 22, 32. Der Lenkeinschlag 25 des linken vorderen Rads 24 ist größer als der Lenkeinschlag 23 des rechten vorderen Rads 22. Die Hinterachse 30 ist bei der festgelegten Vorderachslenkung 21 nicht lenkbar. Die hinteren Räder 32, 34 weisen so keine Lenkeinschläge 33, 35 auf.

Figur 3 zeigt das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 auch beim Abfahren eines linksgekrümmten Abschnitts eines Pfads 5. Zum Abfahren des Pfads 5 ist eine Hinterachslen-

kung 31 automatisiert von der Steuereinrichtung 100 festgelegt worden. Die Räder 32, 34 der Hinterachse 30 werden in Fahrtrichtung 11 des landwirtschaftlichen Fahrzeugs 10 nach rechts ausgelenkt. Das kurveninnere linke hintere Rad 34 wird dabei stärker ausgelenkt als das kurvenäußere rechte hintere Rad 32. Der innere Spurkreis 18 der kurveninneren Räder 24, 34 hat einen kleineren Spurkreisradius als der äußere Spurkreis 16 der kurvenäußeren Räder 22, 32. Der Lenkeinschlag 35 des linken hinteren Rads 34 ist größer als der Lenkeinschlag 33 des rechten hinteren Rads 32. Die Vorderachse 20 ist bei der festgelegten Hinterachslenkung 31 nicht lenkbar. Die vorderen Räder 22, 24 weisen so keine Lenkeinschläge 23, 25 auf.

Figur 4 zeigt das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 auch beim Abfahren eines linksgekrümmten Abschnitts eines Pfads 5. Zum Abfahren des Pfads 5 ist eine Allradlenkung 41 automatisiert von der Steuereinrichtung 100 festgelegt worden. Die Allradlenkung 41 weist eine gegensinnige Fahrzeuglenkung 40 auf. Die Räder 22, 24 der Vorderachse 20 werden in Fahrtrichtung 11 des landwirtschaftlichen Fahrzeugs 10 nach links ausgelenkt. Das kurveninnere linke vordere Rad 24 wird dabei stärker ausgelenkt als das kurvenäußere rechte vordere Rad 22. Der Lenkeinschlag 25 des linken vorderen Rads 24 ist größer als der Lenkeinschlag 23 des rechten vorderen Rads 22. Die Räder 32, 34 der Hinterachse 30 werden in Fahrtrichtung 11 des landwirtschaftlichen Fahrzeugs 10 nach rechts ausgelenkt. Das kurveninnere linke hintere Rad 34 wird dabei stärker ausgelenkt als das kurvenäußere rechte hintere Rad 32. Der Lenkeinschlag 35 des linken hinteren Rads 34 ist größer als der Lenkeinschlag 33 des rechten hinteren Rads 32. Der innere Spurkreis 18 der kurveninneren Räder 24, 34 hat einen kleineren Spurkreisradius als der äußere Spurkreis 16 der kurvenäußeren Räder 22, 32. Die Vorderachse 20 und die Hinterachse 30 ist bei der festgelegten Allradlenkung 41 lenkbar. Alle Räder 22, 24, 32, 34 weisen so Lenkeinschläge 23, 25, 33, 35 auf.

Figur 5 zeigt das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 beim Abfahren eines geradlinigen Abschnitts eines Pfads 5. Zum Abfahren des Pfads 5 ist eine Hundeganglenkung 51 automatisiert von der Steuereinrichtung 100 festgelegt worden. Die Hundeganglenkung 51 weist eine gleichsinnige Fahrzeuglenkung 50 auf. Die Räder 22, 24 der Vorderachse 20 werden in Fahrtrichtung 11 des landwirtschaftlichen Fahrzeugs 10 nach rechts ausgelenkt. Das linke vordere Rad 24 wird dabei wie das rechte vordere Rad 22 ausgelenkt.

Der Lenkeinschlag 25 des linken vorderen Rads 24 ist gleich dem Lenkeinschlag 23 des rechten vorderen Rads 22. Die Räder 32, 34 der Hinterachse 30 werden auch in Fahrtrichtung 11 des landwirtschaftlichen Fahrzeugs 10 nach rechts ausgelenkt. Das linke hintere Rad 34 wird dabei wie das rechte hintere Rad 32 ausgelenkt. Der Lenkeinschlag 35 des linken hinteren Rads 34 ist gleich dem Lenkeinschlag 33 des rechten hinteren Rads 32. Die Vorderachse 20 und die Hinterachse 30 ist bei der festgelegten Hundeganglenkung 51 lenkbar. Alle Räder 22, 24, 32, 34 weisen gleiche Lenkeinschläge 23, 25, 33, 35 auf.

Figur 6 zeigt das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 beim Drehen um seinen Bezugspunkt 15. Zum Drehen ist eine Einzelradlenkung 61 automatisiert von der Steuereinrichtung 100 festgelegt worden. Das rechte vordere Rad 22 der Vorderachse 20 wird nach links mit einem Lenkausschlag 23‘ ausgelenkt. Das linke vordere Rad 24 der Vorderachse 20 wird nach rechts mit einem Lenkausschlag 25‘ ausgelenkt. Das rechte hintere Rad 32 der Hinterachse 30 wird nach rechts mit einem Lenkausschlag 33‘ ausgelenkt. Das linke hintere Rad 34 der Hinterachse 30 wird nach links mit einem Lenkausschlag 35‘ ausgelenkt. Die Räder 22, 24, 32, 34 bewegen sich entlang einem gemeinsamen Spurkreis 16. Die Lenkausschläge 23‘, 25‘, 33‘, 35‘ sind in der gezeigten Ausführungsform der Einzelradlenkung 61 betragsmäßig gleich.

Figur 7 zeigt das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 beim Drehen um das linke hintere Rad 34. Zum Drehen ist eine Einzelradlenkung 61 automatisiert von der Steuereinrichtung 100 festgelegt worden. Das rechte vordere Rad 22 der Vorderachse 20 wird nach links mit einem Lenkausschlag 23‘ ausgelenkt. Das linke vordere Rad 24 der Vorderachse 20 wird auch nach links mit einem Lenkausschlag 25‘ ausgelenkt, welcher größer ist als der Lenkausschlag 23‘ des rechten vorderen Rad 22. Das rechte hintere Rad 32 und das linke hintere Rad 34 der Hinterachse 30 werden jeweils nicht mit einem Lenkausschlag 33‘, 35‘ ausgelenkt. Die vorderen Räder 22, 24 und das hintere rechte Rad 32 bewegen sich auf jeweiligen Spurkreisen 16.

In Figur 8 sind Verfahrensschritte S1 bis S5 in einer zeitlichen Abfolge zum Durchführen des Verfahrens zum automatisierten Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs 10 auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche 2 gezeigt.

In einem ersten Schritt S1 erfolgt eine Pfadvorbestimmung. In diesem ersten Schritt S1 wird der Pfad 5 auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche 2 vorbestimmt. In einem zweiten Schritt S2 erfolgt eine Verlaufseigenschaftsbestimmung. In diesem zweiten Schritt S2 wird ein geometrischer Verlauf des im ersten Schritt S1 vorbestimmten Pfads 5 bestimmt. Der zweite Schritt S2 weist als einen ersten Unterschritt S2a eine Verlaufseigenschaftserfassung mit der Umfelderfassungssensorik 12 des landwirtschaftlichen Fahrzeugs 10 auf. Der zweite Schritt S2 weist als einen zweiten Unterschritt S2b eine Verlaufseigenschaftsableitung mit dem Geoinformationssystem 6 auf. Die Unterschritte S2a und S2b werden parallel oder wahlweise ausgeführt, um einen geometrischen Verlauf des Pfads 5 zu bestimmen.

In einem dritten Schritt S3 erfolgt eine Achsauswahl. Mindestens eine der Achsen 20, 30 wird zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs 10 entlang des vorbestimmten Pfads 5 in Abhängigkeit der im zweiten Schritt S2 bestimmten geometrischen Verlaufseigenschaft des Pfads 5 automatisiert ausgewählt. In einem vierten Schritt S4 erfolgt eine Fahrzeuglenkungsfestlegung. In diesem vierten Schritt wird festgelegt, ob das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 die in Figur 2 gezeigte Vorderachslenkung 21, die in Figur 3 gezeigte Hinterachslenkung 31, die in Figur 4 gezeigte Allradlenkung 41 oder die in Figur 5 gezeigte Hundeganglenkung 51 aufweisen soll. In dem vierten Schritt S4 wird zudem festgelegt werden, ob das landwirtschaftliche Fahrzeug 10 die in den Figuren 6 oder 7 gezeigte Einzelradlenkung 61 aufweisen soll.

In einem fünften Schritt S5 erfolgt einen Nutzflächenbefahrung. Die landwirtschaftliche Nutzfläche 2 wird in diesem fünften Schritt S5 entlang des Pfads 5 mit der im vierten Schritt festgelegten Fahrzeuglenkung befahren.

Bezugszeichen

2	landwirtschaftliche Nutzfläche
3	Vorgewende
5	Pfad
6	Geoinformationssystem
10	landwirtschaftliches Fahrzeug
11	Fahrtrichtung
12	Umfelderfassungssensorik
15	Bezugspunkt
16	äußerer Spurkreis
18	innerer Spurkreis
20	Vorderachse
21	Vorderachslenkung
22	rechtes vorderes Rad
23, 23‘	Lenkeinschlag des rechten vorderen Rads
24	linkes vorderes Rad
25, 25‘	Lenkeinschlag des linken vorderen Rads
30	Hinterachse
31	Hinterachslenkung
32	rechtes hinteres Rad
33, 33‘	Lenkeinschlag des rechten hinteren Rads
34	linkes hinteres Rad
35, 35‘	Lenkeinschlag des linken hinteren Rads
40	gegensinnige Fahrzeuglenkung
41	Allradlenkung
50	gleichsinnige Fahrzeuglenkung
51	Hundeganglenkung
61	Einzelradlenkung
100	Steuereinrichtung
102	Einleseschnittstelle
104	Bestimmungseinheit
200	Lenkungssystem

S1 Pfadvorbestimmung

S2 Verlaufseigenschaftsbestimmung

S2a Verlaufseigenschaftserfassung

S2b Verlaufseigenschaftsableitung

S3 Achsauswahl

S4 Fahrzeuglenkungsauswahl

S5 Nutzfächenbefahrung

Patentansprüche

1. Verfahren zum automatisierten Lenken eines landwirtschaftlichen Fahrzeugs (10) auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche (2), wobei das landwirtschaftliche Fahrzeug (10) mindestens zwei lenkbare Achsen (20, 30) aufweist, mit den Schritten:
- Vorbestimmen (S1) von einem Pfad (5) auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche (2) zum automatisierten Befahren (S5) der landwirtschaftlichen Nutzfläche (2) mit dem landwirtschaftlichen Fahrzeug (10),
- Bestimmen (S2) von mindestens einer geometrischen Verlaufseigenschaft des vorbestimmten Pfads (5), und
- automatisiertes Auswählen (S3) von mindestens einer der lenkbaren Achsen (20, 30) zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs (10) entlang des vorbestimmten Pfads (5) in Abhängigkeit der mindestens einen bestimmten geometrischen Verlaufseigenschaft.

2. Verfahren nach Anspruch 1, mit den weiteren Schritten:
- automatisiertes Auswählen (S3) von zwei lenkbaren Achsen (20, 30) zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs (10) entlang des vorbestimmten Pfads (5), und
- automatisiertes Auswählen (S4) von einer Fahrzeuglenkung (40, 50) mit den zwei lenkbaren Achsen (20, 30) zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs (10) entlang des vorbestimmten Pfads (5) aus einer gegensinnigen Fahrzeuglenkung (40) der zwei lenkbaren Achsen (20, 30) und aus einer gleichsinnigen Fahrzeuglenkung (50) der zwei lenkbaren Achsen (20 ,30).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, mit dem weiteren Schritt eines automatisierten Auswählens (S4) von einer Fahrzeuglenkung (21, 31, 41, 51) aus einer Vorderachslenkung (21), einer Hinterachslenkung (31) und einer Allradlenkung (41).

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit den weiteren Schritten: automatisiertes Auswählen (S3) von zwei lenkbaren Achsen (20, 30) zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs (10) entlang des vorbestimmten Pfads (5), und automatisiertes Festlegen von Lenkeinschlägen (23, 25; 33, 35) von Rädern (22, 24; 32, 34)

der zwei lenkbaren Achsen (20 ,30) zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs (10) entlang des vorbestimmten Pfads (5).

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Schritt des Bestimmens (S2) von der mindestens einen geometrischen Verlaufseigenschaft ein Erfassen (S2a) der geometrischen Verlaufseigenschaft mit einer Umfelderfassungssensorik (12) aufweist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Schritt des Bestimmens (S2) von der mindestens einen geometrischen Verlaufseigenschaft ein Ableiten (S2b) der geometrischen Verlaufseigenschaft aus einem Geoinformationssystem (6) aufweist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Schritt des Bestimmens (S2) von der mindestens einen geometrischen Verlaufseigenschaft ein Bestimmen von Krümmungsinformation zu dem vorbestimmten Pfad (5) aufweist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, mit den weiteren Schritten:
- automatisiertes Auswählen (S3) von zwei lenkbaren Achsen (20, 30) zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs (10) entlang des vorbestimmten Pfads (5),
- Vergleichen der bestimmten Krümmungsinformation mit einem vordefinierten Krümmungsgrenzwert, und Auswählen von einer gegensinnigen Fahrzeuglenkung (40) der zwei bestimmten lenkbaren Achsen (20, 30), wenn die bestimmte Krümmungsinformation größer als der Krümmungsinformationsgrenzwert ist.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Schritt des Bestimmens (S2) von der mindestens einen geometrischen Verlaufseigenschaft ein Bestimmen von Neigungsinformation zu dem vorbestimmten Pfad (5) aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, mit den weiteren Schritten:
- automatisiertes Auswählen (S3) von zwei lenkbaren Achsen (20, 30) zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs (10) entlang des vorbestimmten Pfads (5),
- Vergleichen der bestimmten Neigungsinformation mit einem vordefinierten Neigungsinformationsgrenzwert, und Auswählen von einer gleichsinnigen Fahrzeuglenkung (50)

der zwei bestimmten lenkbaren Achsen (20, 30), wenn die bestimmte Neigungsinformation größer als der Neigungsinformationsgrenzwert ist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Bediener des landwirtschaftlichen Fahrzeugs (10) beim Durchführen von mindestens einem der Schritte des Verfahrens interagieren kann.

12. Steuereinrichtung (100) zum Durchführen der Schritte von einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Schnittstelle (102) zum Einlesen eines vorbestimmten Pfads (5) zum automatisierten Befahren der landwirtschaftlichen Nutzfläche (2) mit dem landwirtschaftlichen Fahrzeug (10), einer Bestimmungseinheit (104) zum Bestimmen von mindestens einer geometrischen Verlaufseigenschaft des vorbestimmten Pfads (5), und einer Wahleinheit zum automatisierten Wählen von mindestens einer der lenkbaren Achsen (20, 30) zum Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs (10) entlang des vorbestimmtes Pfads (5) in Abhängigkeit der bestimmten mindestens einen geometrischen Verlaufseigenschaft.

13. Automatisches Lenkungssystem (200) für ein landwirtschaftliches Fahrzeug (10), wobei das automatische Lenkungssystem (200) mindestens zwei lenkbare Achsen (20, 30) und eine Steuereinrichtung (100) nach Anspruch 12 aufweist.

14. Automatisches Lenkungssystem (200) nach Anspruch 13, welches eine Umfelderfassungssensorik (12) aufweist, welche mit der Bestimmungseinheit (104) zum Bestimmen von der mindestens einen geometrischen Verlaufseigenschaft der Steuereinrichtung (100) verbunden ist.

15. Landwirtschaftliches Fahrzeug (10), mit einem automatischen Lenkungssystem (200) nach Anspruch 13 oder 14 zum automatisierten Lenken des landwirtschaftlichen Fahrzeugs (10) auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche (2).

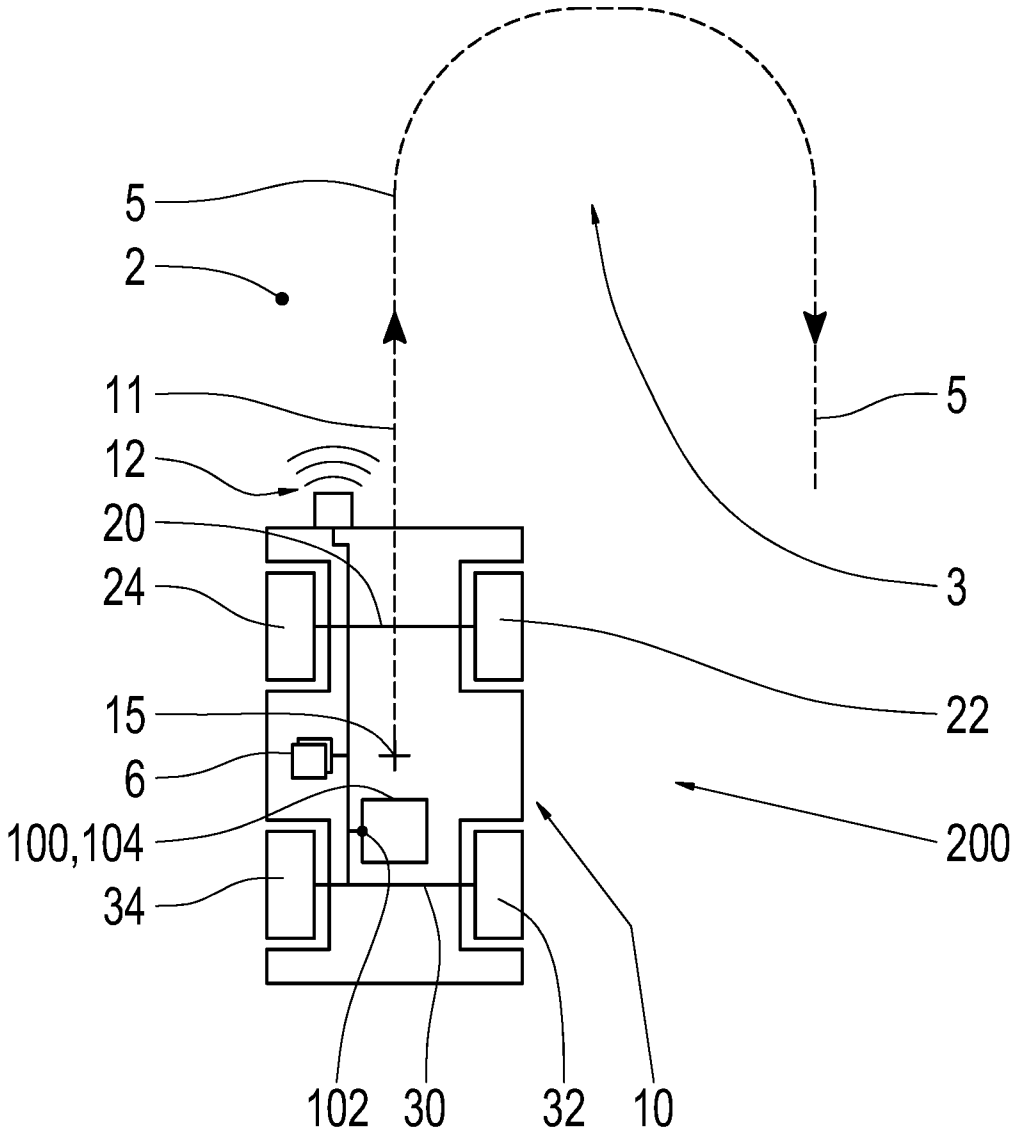


Fig. 1

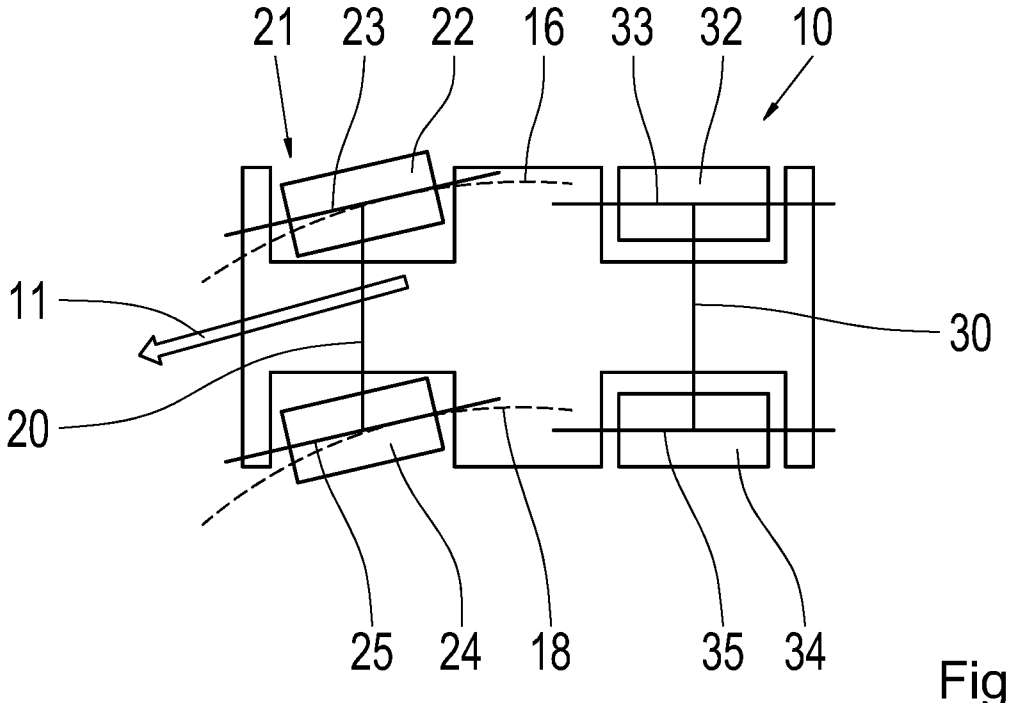

21
23
22
16
33
32
10
11
30
20
25
24
18
35
34

Fig. 2

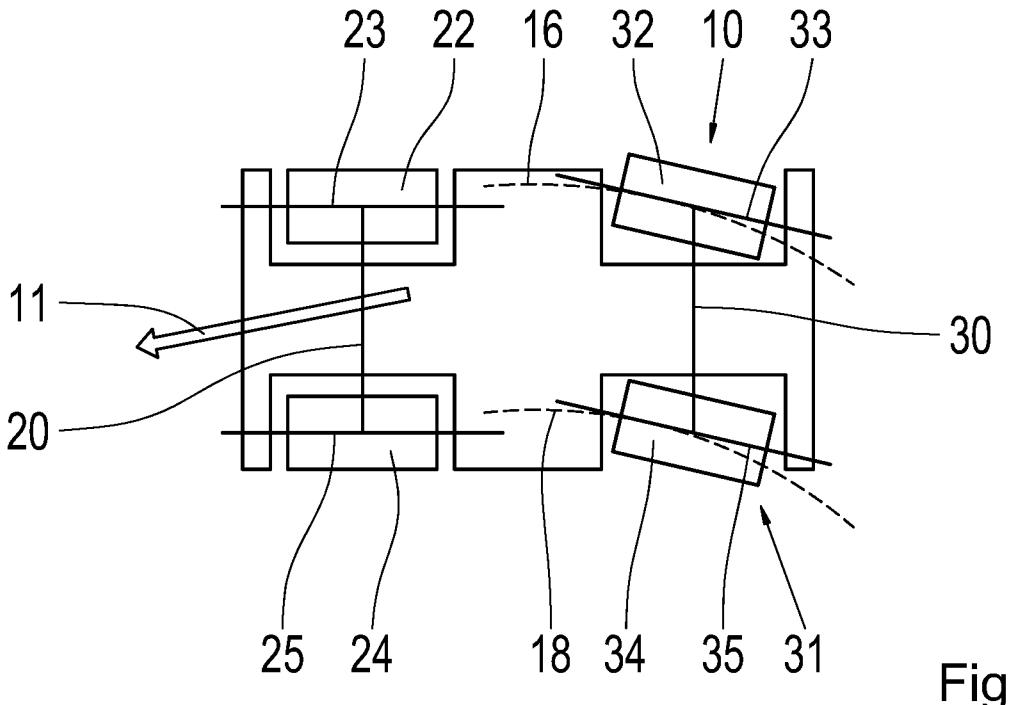

23
22
16
32
10
33
11
30
20
25
24
18
34
35
31

Fig. 3

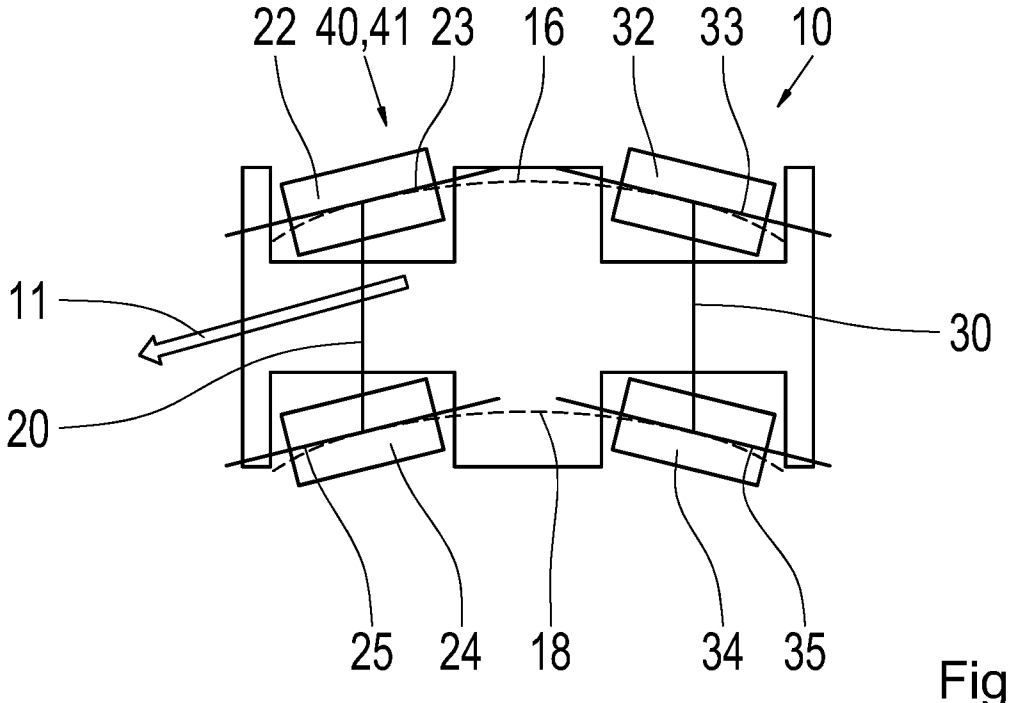

22
40,41
23
16
32
33
10
11
30
20
25
24
18
34
35

Fig. 4

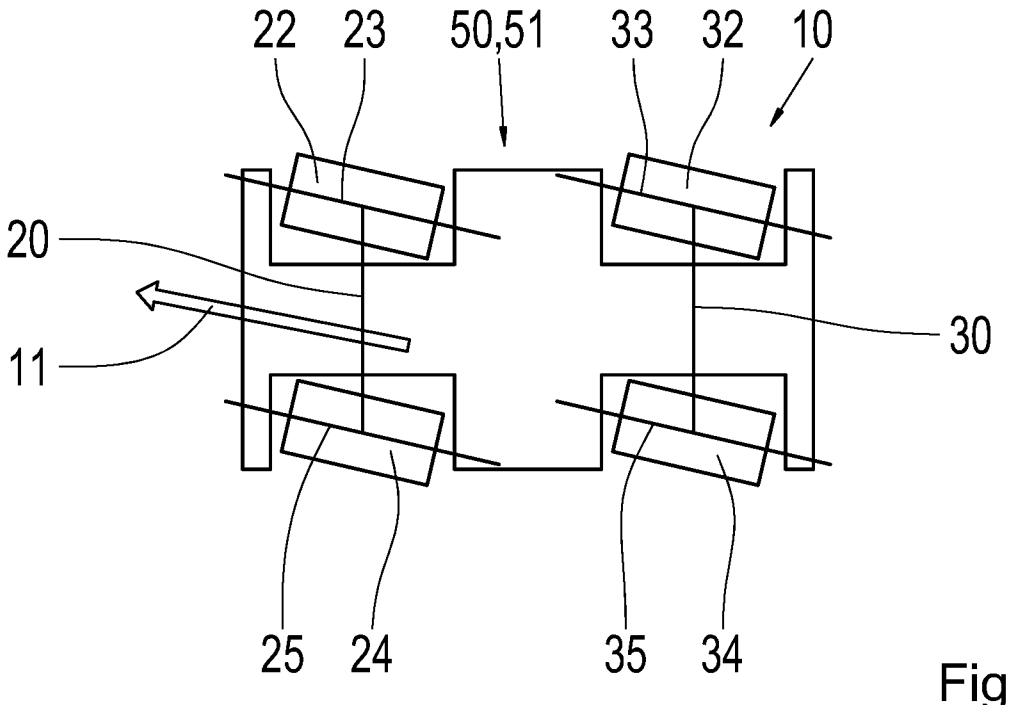

22
23
50,51
33
32
10
20
11
30
25
24
35
34

Fig. 5

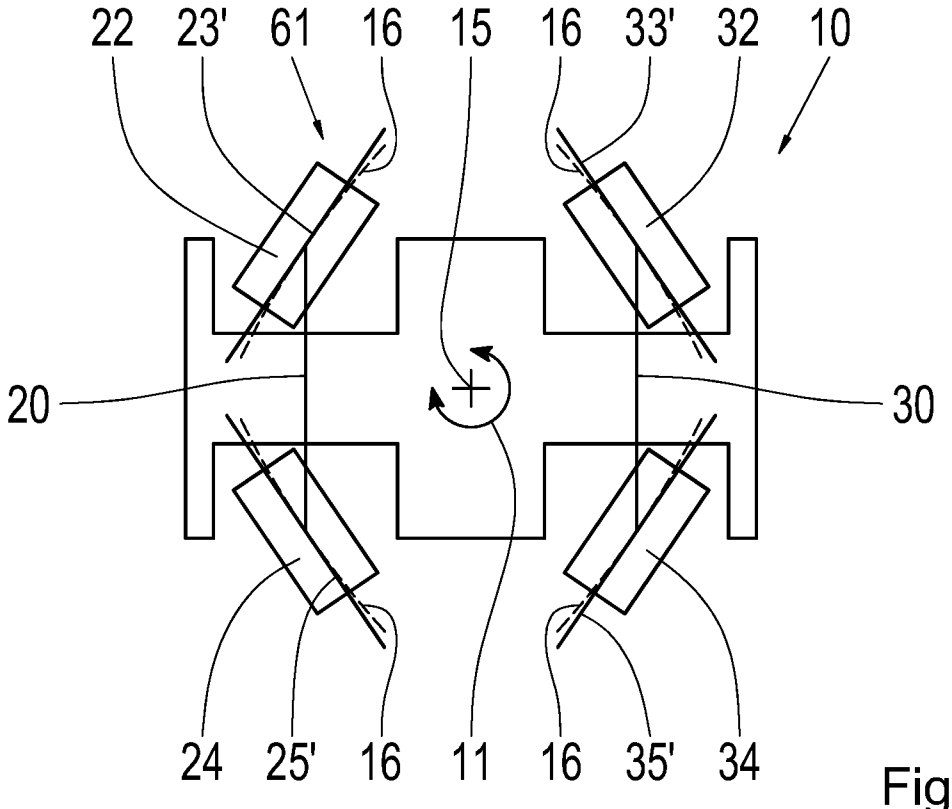

22
23'
61
16
15
16
33'
32
10
20
30
24
25'
16
11
16
35'
34

Fig. 6

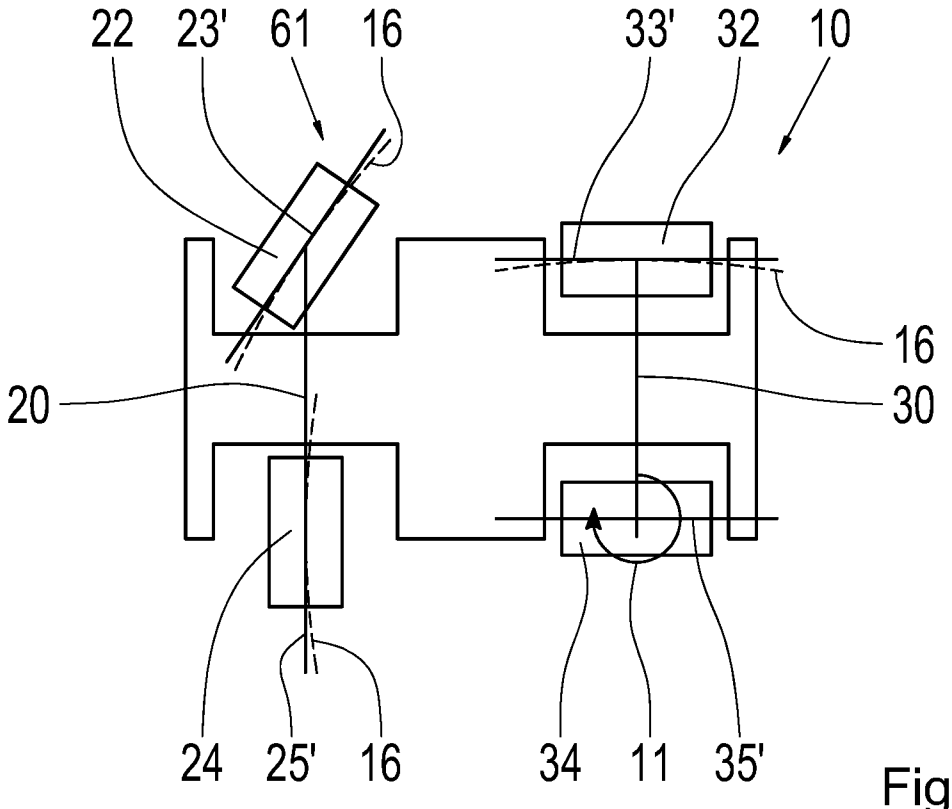

22
23'
61
16
33'
32
10
16
20
30
24
25'
16
34
11
35'

Fig. 7

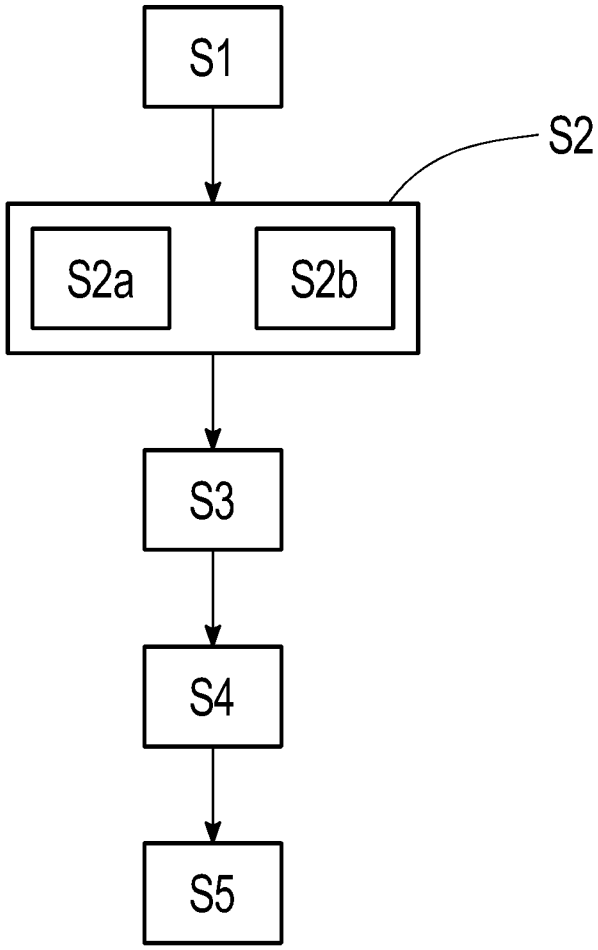


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2020/056421

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A01B 69/04(2006.01)i; ***B62D 15/02***(2006.01)i; ***B62D 1/28***(2006.01)i; ***B62D 7/15***(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A01B; B62D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2019071115 A1 (BROOKS NATHAN P [US] ET AL) 07 March 2019 (2019-03-07)	1-7,11-15
Y	paragraphs [0005] - [0009], [0021] - [0024], [0026]; claims 1-6,11; figures 1-6	8-10
X	US 2016318550 A1 (BROOKS NATHAN [US]) 03 November 2016 (2016-11-03) paragraphs [0004], [0005], [0023], [0024]	1,3,4,12-15
X	DE 102015224747 A1 (DEERE & CO [US]) 16 June 2016 (2016-06-16) paragraphs [0017], [0018], [0030] - [0032], [0036]; claims 1,7; figures 1-3	1,5,11-15
A	EP 2821322 A1 (CLAAS SELBSTFAHR ERNTEMASCH [DE]) 07 January 2015 (2015-01-07) paragraphs [0002], [0003], [0009], [0028] - [0032]; claims 1-9; figures 1-5	1,2,9,12,15
X	EP 2888930 A1 (CNH IND ITALIA SPA [IT]) 01 July 2015 (2015-07-01)	1-6,12-15
Y	paragraphs [0005] - [0009], [0021] - [0024], [0026]; claims 1-6,11; figures 1-6	8-10
Y	EP 1688027 A1 (CLAAS SELBSTFAHR ERNTEMASCH [DE]) 09 August 2006 (2006-08-09)	9,10
A	paragraphs [0005], [0006]; claims 1,2	1,12,15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
09 June 2020	**18 June 2020**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Janusch, Stefan** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2020/056421

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2019071115 A1	07 March 2019	BR 102018067779 A2	24 April 2019
		US 2019071115 A1	07 March 2019
US 2016318550 A1	03 November 2016	NONE	
DE 102015224747 A1	16 June 2016	CN 105700616 A	22 June 2016
		DE 102015224747 A1	16 June 2016
EP 2821322 A1	07 January 2015	DE 102013011152 A1	08 January 2015
		EP 2821322 A1	07 January 2015
		RU 2014127147 A	10 February 2016
		US 2015012181 A1	08 January 2015
EP 2888930 A1	01 July 2015	BR 102014027008 A2	15 September 2015
		CN 104709279 A	17 June 2015
		EP 2888930 A1	01 July 2015
		US 2015160655 A1	11 June 2015
EP 1688027 A1	09 August 2006	DE 102005005761 A1	10 August 2006
		EP 1688027 A1	09 August 2006

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/056421

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. A01B69/04 B62D15/02 B62D1/28 B62D7/15
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
A01B B62D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	US 2019/071115 A1 (BROOKS NATHAN P [US] ET AL) 7. März 2019 (2019-03-07) Absätze [0005] - [0009], [0021] - [0024], [0026]; Ansprüche 1-6,11; Abbildungen 1-6	1-7, 11-15 8-10
X	US 2016/318550 A1 (BROOKS NATHAN [US]) 3. November 2016 (2016-11-03) Absätze [0004], [0005], [0023], [0024]	1,3,4, 12-15
X	DE 10 2015 224747 A1 (DEERE & CO [US]) 16. Juni 2016 (2016-06-16) Absätze [0017], [0018], [0030] - [0032], [0036]; Ansprüche 1,7; Abbildungen 1-3	1,5, 11-15

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
9. Juni 2020	18/06/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Janusch, Stefan

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/056421

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 2 821 322 A1 (CLAAS SELBSTFAHR ERNTEMASCH [DE]) 7. Januar 2015 (2015-01-07) Absätze [0002], [0003], [0009], [0028] - [0032]; Ansprüche 1-9; Abbildungen 1-5	1,2,9, 12,15
X	EP 2 888 930 A1 (CNH IND ITALIA SPA [IT]) 1. Juli 2015 (2015-07-01)	1-6, 12-15
Y	Absätze [0005] - [0009], [0021] - [0024], [0026]; Ansprüche 1-6,11; Abbildungen 1-6	8-10
Y	EP 1 688 027 A1 (CLAAS SELBSTFAHR ERNTEMASCH [DE]) 9. August 2006 (2006-08-09)	9,10
A	Absätze [0005], [0006]; Ansprüche 1,2	1,12,15

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/056421

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2019071115 A1	07-03-2019	BR 102018067779 A2	24-04-2019
		US 2019071115 A1	07-03-2019
US 2016318550 A1	03-11-2016	KEINE	
DE 102015224747 A1	16-06-2016	CN 105700616 A	22-06-2016
		DE 102015224747 A1	16-06-2016
EP 2821322 A1	07-01-2015	DE 102013011152 A1	08-01-2015
		EP 2821322 A1	07-01-2015
		RU 2014127147 A	10-02-2016
		US 2015012181 A1	08-01-2015
EP 2888930 A1	01-07-2015	BR 102014027008 A2	15-09-2015
		CN 104709279 A	17-06-2015
		EP 2888930 A1	01-07-2015
		US 2015160655 A1	11-06-2015
EP 1688027 A1	09-08-2006	DE 102005005761 A1	10-08-2006
		EP 1688027 A1	09-08-2006