



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**06.12.2023 Patentblatt 2023/49**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**E01C 19/00<sup>(2006.01)</sup> E01C 23/088<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **23172720.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**E01C 23/088; E01C 19/004**

(22) Anmeldetag: **11.05.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **Wirtgen GmbH**  
**53578 Windhagen (DE)**

(72) Erfinder: **Fritz, Matthias**  
**53773 Hennef (DE)**

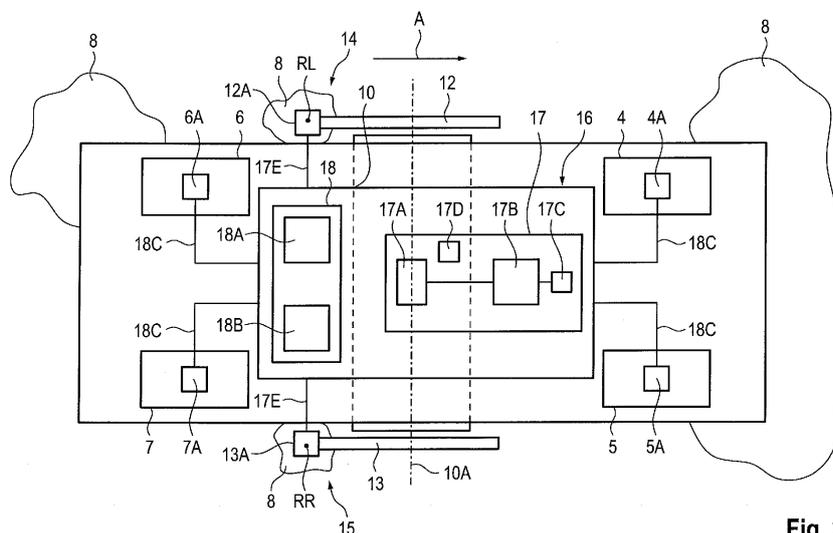
(74) Vertreter: **Oppermann, Frank**  
**OANDO Oppermann & Oppermann**  
**Wilhelminenstrasse 1a**  
**65193 Wiesbaden (DE)**

(30) Priorität: **25.05.2022 DE 102022113273**

(54) **SELBSTFAHRENDE BODENBEARBEITUNGSMASCHINE UND VERFAHREN ZUM STEUERN EINER SELBSTFAHRENDEN BODENBEARBEITUNGSMASCHINE SOWIE VERFAHREN ZUM BEARBEITEN DES BODENS MIT EINER ODER MEHREREN SELBSTFAHRENDEN BODENBEARBEITUNGSMASCHINEN**

(57) Die Erfindung betrifft eine selbstfahrende Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschine, welche einen von Laufwerken getragenen Maschinenrahmen 3 und eine an dem Maschinenrahmen 3 angeordnete Bodenbearbeitungseinrichtung, insbesondere Fräswalze 10, und den Laufwerken 4, 5, 6, 7 zugeordnete Hubeinrichtungen 4A, 5A, 6A, 7A aufweist. Die Bodenbearbeitungsmaschine zeichnet sich durch eine Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung 17 aus, welche in einem vorausgehenden Arbeitsprozess für die Durchführung eines dem vorausgehenden Arbeitsprozess nachfolgenden Arbeitsprozess die erforderlichen

Informationen bezüglich der einzustellenden Querneigung  $\alpha$  des Maschinenrahmens 3 bzw. der Fräswalze 10, bereitstellt, so dass der nachfolgende Bearbeitungsprozess auch dann durchgeführt werden kann, wenn auf einer Seite des bearbeiteten Streckenabschnitts eine geeignete Referenzfläche für die Ermittlung von Abstandswerten für eine Frästiefenregelung nicht vorhanden ist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Steuern einer Bodenbearbeitungsmaschine und ein Verfahren zum Bearbeiten des Bodens mit einer oder mehreren selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschinen.



**Fig. 2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine selbstfahrende Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschine, welche einen von Laufwerken getragenen Maschinenrahmen und eine an dem Maschinenrahmen angeordnete Bodenbearbeitungseinrichtung, insbesondere Fräswalze, und den Laufwerken zugeordnete Hubeinrichtungen aufweist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Steuern einer selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschine. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bearbeiten eines Bodens mit einer selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschine, wobei mit der Bodenbearbeitungsmaschine in aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen nebeneinander liegende Spuren bearbeitet werden, und ein Verfahren zum gleichzeitigen Bearbeiten einer ersten Spur mit einer ersten und einer zweiten Spur mit einer zweiten selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschine. Die Erfindung betrifft auch einen Maschinenverbund von mehreren Bodenbearbeitungsmaschinen zur gleichzeitigen Bearbeitung des Bodens.

**[0002]** Nachfolgend wird unter einer Bodenbearbeitungsmaschine eine Baumaschine verstanden, die dazu geeignet ist, von einem Boden Material abzutragen. Der zu bearbeitende Boden kann beispielsweise eine bestehende Verkehrsfläche (Straße) sein, von dem Material abgefräst werden soll.

**[0003]** Im Straßenbau werden selbstfahrende Bodenbearbeitungsmaschinen unterschiedlicher Bauart eingesetzt. Zu diesen Bodenbearbeitungsmaschinen zählen die bekannten Straßenfräsmaschinen, mit denen bestehende Straßenschichten des Straßenoberbaus abgetragen werden können. Die bekannten Straßenfräsmaschinen verfügen über eine rotierende Fräswalze, die mit Fräswerkzeugen zur Bearbeitung der Straße bestückt ist. Die Fräswalze ist an dem Maschinenrahmen angeordnet, der in der Höhe gegenüber der zu bearbeitenden Straße verstellbar ist. Die Höhenverstellung des Maschinenrahmens erfolgt mittels Hubeinrichtungen, die den einzelnen Laufwerken (Kettenlaufwerken oder Rädern) zugeordnet sind. Zum Abfräsen eines schadhafte Straßenbelags wird der Maschinenrahmen abgesenkt, so dass die Fräswalze in den Straßenbelag eindringt. Die Hubeinrichtungen erlauben sowohl die Höhenverstellung des Maschinenrahmens bzw. der Fräswalze als auch die Einstellung einer vorgegebenen Neigung des Maschinenrahmens bzw. der Fräswalze gegenüber der Horizontalen bzw. der Oberfläche der Straße.

**[0004]** Zur genauen Einstellung der Frästiefe und der Querneigung in einer quer zur Arbeitsrichtung der Straßenfräsmaschine verlaufenden Richtung verfügen die bekannten Straßenfräsmaschinen über Frästiefen-Regleinrichtungen bzw. Nivelliersysteme, die eine oder mehrere Messeinrichtungen zum Messen des Abstandes zwischen einem Referenzpunkt an der Straßenfräs-

maschine und der zu bearbeitenden Straßenoberfläche oder einer anderen Fläche oder Linie, beispielsweise eine durch einen Laser aufgespannte Ebene oder ein gespannter Draht, aufweist. Frästiefen-Regleinrichtungen bzw. Nivelliersysteme verfügen im Allgemeinen auch über eine Messeinrichtung zum Messen der Querneigung des Maschinenrahmens.

**[0005]** Aus der DE 10 2006 020 293 A1 ist eine Nivelliereinrichtung für eine Straßenfräsmaschine bekannt, die sowohl auf der linken als auch auf der rechten Seite der Straßenfräsmaschine eine Abstandsmesseinrichtung zum Erfassen des Ist-Wertes der Frästiefe vorsieht. In Abhängigkeit von der Abweichung der gemessenen Ist-Werte von den Soll-Werten kann die Frästiefe auf der linken und rechten Seite der Maschine geregelt werden.

**[0006]** Die zu bearbeitenden Straßen können unterschiedliche Profile haben, wobei sich die Querneigung verändern kann. In einer Rechtskurve ist die Straßenoberfläche gegenüber der Horizontalen in Fahrtrichtung nach rechts und in einer Linkskurve nach links geneigt. Auf einem geraden Streckenabschnitt kann eine Straße zu der einen oder anderen Seite geneigt sein. Folglich kann sich die Querneigung einer Straße über den Streckenverlauf verändern.

**[0007]** Zu Beginn der Fräsarbeiten wird die Bodenbearbeitungsmaschine auf der Fahrbahn positioniert. Daraufhin werden die den Laufwerken zugeordneten Hubeinrichtungen eingefahren, so dass sich der Maschinenrahmen mit der Fräswalze absenkt. Der Maschinenrahmen wird so lange abgesenkt, bis die Fräswerkzeuge der rotierenden Fräswalze die Straßenoberfläche gerade eben so berühren. Dieser Vorgang wird als "Ankratzen" bezeichnet. Dabei sollte die Fräswalze bzw. die Fräsrollenachse in einer vorgegebenen Querneigung gegenüber der Horizontalen, insbesondere parallel zu der zu bearbeitenden Straßenoberfläche ausgerichtet sein, wodurch die Ausrichtung des Maschinenrahmens bestimmt wird, an dem die Fräswalze angeordnet ist. Diese Querneigung kann auch Null sein.

**[0008]** Wenn ein fahrbahninnenseitiger Abschnitt einer Straße bearbeitet werden soll, kann die Frästiefe auf beiden Seiten der Straßenfräsmaschine gemessen werden. Hierzu wird der Abstand eines auf den Maschinenrahmen der Straßenfräsmaschine bezogenen Referenzpunktes, der auf der in Arbeitsrichtung linken Seite der Fräswalze liegt, zu dem unbearbeiteten Boden auf der linken Seite und der Abstand eines auf den Maschinenrahmen der Straßenfräsmaschine bezogenen Referenzpunktes, der auf der rechten Seite der Fräswalze liegt, zu dem unbearbeiteten Boden auf der rechten Seite gemessen. Wenn ein fahrbahnaußenseitiger Streckenabschnitt gefräst werden soll, kann die Frästiefe zwar auf der linken Seite der Fräswalze gemessen werden. Auf der rechten Seite der Baumaschine ist aber eine geeignete Referenzfläche nicht vorhanden. Daher kann eine Abstandsmessung am rechten Fahrbahnrand nicht ohne weiteres vorgenommen werden. Für eine Abstandsmessung auf der rechten Seite der Baumaschine könnte zwar

ein Leitdraht verlegt werden, dies erweist sich aber in der Praxis als relativ aufwendig.

**[0009]** Im vorliegenden Fall könnte die Frästiefe auf der rechten Seite der Bodenbearbeitungsmaschine auch über die beim Vorschub der Maschine mittels eines Neigungssensors erfassbare Querneigung des Maschinenrahmens bzw. der Fräswalze gegenüber der Horizontalen geregelt werden. Eine Neigung der Bodenbearbeitungsmaschine nach links führt auf der rechten Seite der Bodenbearbeitungsmaschine zu einer Verringerung der Frästiefe und eine Neigung der Fräsmaschine nach rechts zu einer Vergrößerung der Frästiefe auf der rechten Seite der Bodenbearbeitungsmaschine. Um die Frästiefe auf der rechten Seite durch eine Veränderung der Querneigung des Maschinenrahmens einstellen zu können, müsste die einzustellende Querneigung (Soll-Wert) aber über den gesamten Streckenverlauf bekannt sein. Daher müssten zusätzliche Informationen (Daten) über den Querneigungsverlauf entlang des zu bearbeitenden Streckenabschnitts vor Beginn der Fräsarbeiten bereitgestellt werden. In der Praxis ist hierzu das Abschreiten des zu bearbeitenden Streckenabschnitts, Messen der Querneigung und Anbringen von entsprechenden Markierungen auf der Fahrbahn erforderlich.

**[0010]** Die DE 10 2014 018 082 A1 beschreibt ein automatisiertes Verfahren zum Steuern einer Fräsmaschine, bei dem auf der Fahrbahn angebrachte Markierungen mit einer Kamera erfasst werden, um den Markierungen zugeordnete Steuerbefehle zu erzeugen.

**[0011]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Bodenbearbeitungsmaschine zu schaffen, die eine exakte Bearbeitung des Bodens ermöglicht, insbesondere eine exakte Bearbeitung des Bodens ohne die Bereitstellung von zusätzlichen Informationen über die Querneigung der Bodenoberfläche vor den Fräsarbeiten auch dann erlaubt, wenn auf einer Seite des zu bearbeitenden Streckenabschnitts eine geeignete Referenzfläche für die Ermittlung von Abstandswerten nicht vorhanden ist. Darüber hinaus ist eine Aufgabe der Erfindung, ein entsprechendes Verfahren zum Steuern einer Bodenbearbeitungsmaschine und ein Verfahren zum Bearbeiten des Bodens mit einer Bodenbearbeitungsmaschine in aufeinanderfolgenden Arbeitsprozessen oder das gleichzeitige Bearbeiten des Bodens mit zwei oder mehr als zwei Bodenbearbeitungsmaschinen anzugeben, welches auch beim Fehlen einer geeigneten Referenzfläche auf einer Seite der Bodenbearbeitungsmaschine eine exakte Bearbeitung des Bodens insbesondere ohne die Bereitstellung von zusätzlichen Informationen über die Querneigung der Bodenoberfläche vor den Fräsarbeiten erlaubt. Dabei sollte eine exakte Bearbeitung des Bodens auch dann möglich sein, wenn sich die Querneigung der zu bearbeitenden Wegstrecke über den Streckenverlauf verändert, beispielsweise in einer Kurve oder beim Übergang einer geraden Wegstrecke in eine Kurve oder umgekehrt.

**[0012]** Die Lösung dieser Aufgaben erfolgt erfindungsgemäß mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprü-

che. Die Gegenstände der abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

**[0013]** Die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung können eines oder mehrere der nachfolgend genannten Merkmale oder Merkmalskombinationen umfassen. Ein mit einem unbestimmten Artikel bezeichnetes Merkmal kann auch mehrfach vorhanden sein, wenn der unbestimmte Artikel nicht mit einem ausdrücklichen Hinweis auf eine nur einmalige Verwendung zu verstehen ist. Eine Bezeichnung von Merkmalen mit einem Zahlwort, beispielsweise "erstes und zweites", schließt nicht aus, dass über die durch das Zahlwort angegebene Anzahl hinaus diese Merkmale noch weitere Male vorhanden sein können. Bei der Beschreibung sämtlicher Ausführungsformen ist der Ausdruck "kann" auch als "vorzugsweise" oder "zweckmäßigerweise" zu verstehen.

**[0014]** Die erfindungsgemäße selbstfahrende Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschine, weist einen von Laufwerken getragenen Maschinenrahmen und eine an dem Maschinenrahmen angeordnete Bodenbearbeitungseinrichtung, insbesondere Fräswalze, auf. Den Laufwerken sind Hubeinrichtungen zugeordnet, welche zum Absenken oder Anheben der Laufwerke gegenüber dem Maschinenrahmen jeweils eingefahren oder ausgefahren werden können. Darüber hinaus weist die Bodenbearbeitungsmaschine eine Steuereinrichtung auf, die derart konfiguriert ist, dass Steuersignale für die Hubeinrichtungen erzeugt werden. Die Steuereinrichtung kann zumindest teilweise Bestandteil einer zentralen Steuer- und Recheneinheit der Bodenbearbeitungsmaschine sein oder eine selbstständige Baugruppe bilden, wobei die Steuereinrichtung auch aus mehreren Einheiten bestehen kann. Die Hubeinrichtungen sind derart ausgebildet, dass die Laufwerke in Abhängigkeit von den Steuersignalen eingefahren oder ausgefahren werden.

**[0015]** Die erfindungsgemäße selbstfahrende Bodenbearbeitungsmaschine zeichnet sich durch eine Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung aus, welche die in einem vorausgehenden Arbeitsprozess für die Durchführung eines dem vorausgehenden Arbeitsprozess nachfolgenden Arbeitsprozess erforderlichen Informationen bezüglich der einzustellenden Querneigung des Maschinenrahmens bzw. der Längsachse der Bodenbearbeitungseinrichtung, insbesondere Fräswalze, bereitstellt, so dass der nachfolgende Bearbeitungsprozess auch dann durchgeführt werden kann, wenn auf einer Seite des zu bearbeitenden Streckenabschnitts eine geeignete Referenzfläche für die Ermittlung von Abstandswerten nicht vorhanden ist.

**[0016]** Die erfindungsgemäße Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung verfügt über einen Querneigungssensor, der derart ausgebildet ist, dass beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine in einem vorausgehenden Arbeitsprozess, insbesondere beim Fräsen eines fahrbahninnenseitigen Streckenabschnitts, eine Folge von die Querneigung des bearbeiteten Bodens

in einer zur Arbeitsrichtung querverlaufenden Richtung beschreibende Querneigungs-Werte, insbesondere für das Fräsen eines fahrbahnaußenseitigen Streckenabschnitts, ermittelt werden. Darüber hinaus verfügt die Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung über eine Auswerteeinrichtung, die derart ausgebildet ist, dass aus der Folge der Querneigungs-Werte ein die Querneigung beschreibendes Querneigungsmodell erstellt wird. Des Weiteren umfasst die Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung eine Speichereinrichtung zum Speichern eines in einem vorausgehenden Arbeitsprozess ermittelten Querneigungsmodells.

**[0017]** Die Steuereinrichtung ist derart konfiguriert, dass diese einen Querneigungs-Aufzeichnungsmodus für eine vorausgehende Spur vorsieht, in dem beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine mit dem Querneigungssensor in der vorausgehenden Spur Querneigungs-Werte ermittelt werden, und mit der Auswerteeinrichtung aus den Querneigungs-Werten ein Querneigungsmodell für eine der vorausgehenden Spur nachfolgende Spur erstellt wird und das Querneigungsmodell in der Speichereinrichtung gespeichert wird.

**[0018]** Die Steuereinrichtung ist darüber hinaus derart konfiguriert, dass diese einen Querneigungs-Steuerungsmodus für eine der vorausgehenden Spur nachfolgende Spur vorsieht, in dem beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine in der nachfolgenden Spur die Steuerung zumindest einer der Hubeinrichtungen in Abhängigkeit von den Querneigungs-Werten, die auf der Grundlage des aus der Speichereinrichtung ausgelesenen Querneigungsmodells ermittelt werden, erfolgt. Dadurch wird die Bodenbearbeitung vereinfacht und beschleunigt.

**[0019]** Für das Grundprinzip der Erfindung ist unerheblich wie das Querneigungsmodell beschaffen ist. Das Querneigungsmodell sollte aber so beschaffen sein, dass mit dem Modell sämtliche Informationen (Daten) bereitgestellt werden, welche zur Regelung der Querneigung erforderlich sind. Hierfür geeignete Modelle sind dem Fachmann bekannt. Ein besonders geeignetes Modell ist das bekannte TIN-Modell (Triangulated Irregular Network-Modell), das die Querneigung der gewünschten Geländeoberfläche durch ein Dreiecksnetz modelliert. Das TIN-Modell erlaubt durch Interpolation die Bestimmung der Querneigung an sämtlichen Punkten, die in oder auf den Dreiecken liegen, welche das TIN-Modell bilden. Die hierzu erforderlichen Verfahren bzw. Algorithmen sind dem Fachmann bekannt.

**[0020]** Die oben beschriebene Ausführungsform der Bodenbearbeitungsmaschine erlaubt die Bearbeitung von nebeneinanderliegenden Bahnen in aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten mit derselben Maschine. Es ist aber auch die gleichzeitige Bearbeitung von nebeneinanderliegenden Bahnen mit zwei Bodenbearbeitungsmaschinen oder mehr als zwei Bodenbearbeitungsmaschinen möglich, wenn eine Bodenbearbeitungsmaschine einer anderen Bodenbearbeitungsmaschine in Längsrichtung des Streckenverlaufs vorausseilt, d. h. die

Bodenbearbeitungsmaschinen nicht auf gleicher Höhe nebeneinander fahren, was bei einem nahtlosen Übergang zwischen den einzelnen Bahnen, welcher angestrebt wird, ohnehin nicht möglich ist.

**[0021]** Eine der beiden erfindungsgemäßen Bodenbearbeitungsmaschinen für die Durchführung der Bodenbearbeitung im Verbund mit einer anderen erfindungsgemäßen Bodenbearbeitungsmaschine verfügt über eine Querneigungsmodell-Übermittlungseinrichtung, die eine Datensendeeinrichtung aufweist, wobei die Datensendeeinrichtung derart ausgebildet ist, dass das Querneigungsmodell an eine Datenempfangseinrichtung einer in einer anderen Spur fahrenden anderen Bodenbearbeitungsmaschine oder an eine Cloud gesendet wird. Die Steuereinrichtung ist derart konfiguriert, dass die Steuereinrichtung einen Querneigungs-Aufzeichnungsmodus vorsieht, in dem beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine in einer Spur mit dem Querneigungssensor Querneigungs-Werte ermittelt werden, und mit der Auswerteeinrichtung aus den Querneigungs-Werten ein Querneigungsmodell erstellt wird und das Querneigungsmodell an eine Datenempfangseinrichtung einer in einer anderen Spur fahrenden anderen Bodenbearbeitungsmaschine oder an eine Cloud gesendet wird, so dass die Querneigung des Maschinenrahmens bzw. der Bodenbearbeitungseinrichtung, insbesondere Fräsrolle, der anderen Bodenbearbeitungsmaschine mit den durch das Querneigungsmodell bereitgestellten Informationen (Daten) automatisch eingestellt werden kann.

**[0022]** Die andere Bodenbearbeitungsmaschine verfügt über eine Querneigungsmodell-Übermittlungseinrichtung, die eine Datenempfangseinrichtung aufweist, welche derart ausgebildet ist, dass ein Querneigungsmodell von der Datensendeeinrichtung der einen Bodenbearbeitungsmaschine oder einer Cloud empfangen wird, wobei die Steuereinrichtung derart konfiguriert ist, dass die Steuereinrichtung einen Querneigungs-Steuerungsmodus vorsieht, in dem beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine in der anderen Spur als der Spur, in der die Querneigung ermittelt worden ist, die Steuerung zumindest einer der Hubeinrichtungen zumindest in Abhängigkeit von den Querneigungs-Werten, die auf der Grundlage des Querneigungsmodells ermittelt werden, erfolgt.

**[0023]** Es ist aber auch möglich, dass beide Bodenbearbeitungsmaschinen über eine Datensendeeinrichtung und eine Datenempfangseinrichtung verfügen, so dass beide Maschinen beide Aufgaben übernehmen können. Beide Maschinen können auch über eine Speichereinrichtung zum Speichern des Querneigungsmodells verfügen, so dass eine Bearbeitung des Bodens in aufeinanderfolgenden Arbeitsprozessen mit beiden Maschinen ohne die jeweils andere Maschine möglich ist.

**[0024]** Die Steuereinrichtung der selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschine weist vorzugsweise sowohl eine erste Messeinrichtung zum Messen des Abstandes eines Referenzpunktes an der Bodenbearbeitungsmaschine zu der Oberfläche des nicht bearbeiteten Bodens

auf einer Seite der Bodenbearbeitungseinrichtung in Arbeitsrichtung der Bodenbearbeitungsmaschine als auch eine zweite Messeinrichtung zum Messen des Abstandes eines Referenzpunktes an der Bodenbearbeitungsmaschine zu der Oberfläche des nicht bearbeiteten Bodens auf der anderen Seite der Bodenbearbeitungseinrichtung in Arbeitsrichtung der Bodenbearbeitungsmaschine auf. Unter der anderen Seite wird die der einen Seite gegenüberliegende Seite verstanden. Die eine Seite kann die in Arbeitsrichtung linke Seite und die andere Seite die in Arbeitsrichtung rechte Seite sein oder umgekehrt. Beide Messeinrichtungen sind aber nur für den vorausgehenden Arbeitsprozess erforderlich. Für die Nivellierung in dem nachfolgenden Arbeitsprozess ist eine Messeinrichtung auf nur einer der beiden Seiten erforderlich, da in dem nachfolgenden Arbeitsprozess eine Querneigungsregelung erfolgt.

**[0025]** Die Steuereinrichtung kann für die Erstellung des Querneigungsmodells derart konfiguriert sein, dass in dem Querneigungs-Aufzeichnungsmodus die Hubeinrichtungen derart angesteuert werden, dass beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine die mit der ersten Messeinrichtung erfasste Frästiefe an der einen Seite der Bodenbearbeitungseinrichtung und die mit der zweiten Messeinrichtung erfasste Frästiefe an der anderen Seite der Bodenbearbeitungseinrichtung unabhängig von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche im Wesentlichen konstant gehalten wird (Kopierfräsen). Die in einem vorausgehenden Arbeitsprozess an beiden Seiten der Bodenbearbeitungsmaschine vorgegebene Frästiefe legt die Querneigung fest, auf deren Grundlage ein nachfolgender Arbeitsprozess durchgeführt werden kann.

**[0026]** In dem Querneigungs-Steuerungsmodus kann die Steuereinrichtung derart konfiguriert sein, dass zumindest eine der Hubeinrichtungen derart angesteuert wird, dass beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine die mit einer der beiden Messeinrichtungen erfasste Frästiefe, sofern zwei Messeinrichtungen vorhanden sind, auf einer der beiden Seiten der Bodenbearbeitungseinrichtung unabhängig von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche im Wesentlichen konstant gehalten wird. Zumindest eine der Hubeinrichtungen kann dann zumindest in Abhängigkeit von den Querneigungswerten, die auf der Grundlage des Querneigungsmodells ermittelt werden, derart angesteuert werden, dass der Maschinenrahmen während des Vorschubs der Bodenbearbeitungsmaschine eine Querneigung einnimmt, die der von dem Querneigungsmodell vorgegebenen Querneigung entspricht.

**[0027]** Die Bodenbearbeitungsmaschine kann eine Positionsbestimmungseinrichtung aufweisen, wobei die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, dass zur Erzeugung des Querneigungsmodells aus den Querneigungswerten positionsbezogene Querneigungswerte ermittelt werden, wobei sich die positionsbezogenen Querneigungswerte auf ein von der Bodenbearbeitungsmaschine unabhängiges Koordinatensystem beziehen können.

Wenn die Querneigungs-Werte an bestimmten Wegpunkten aufgenommen werden, können diese Wegpunkte (Positionspunkte) durch die Koordinaten in einem von der Bodenbearbeitungsmaschine unabhängigen Koordinatensystem bestimmt werden.

**[0028]** Die positionsbezogenen Querneigungs-Werte können die mit der Positionsbestimmungseinrichtung in einem unabhängigen Koordinatensystem ermittelten x-Koordinaten und y-Koordinaten derjenigen Positionspunkte sein, an welchen die Querneigung mit dem Querneigungssensor gemessen werden, und die an diesen Positionspunkten gemessenen Querneigungen umfassen. Die Positionsbestimmungseinrichtung zur Ermittlung positionsbezogener Querneigungs-Werte kann beispielsweise ein Globales Positionsbestimmungssystem (Global Navigation Satellite System (GNSS)) sein.

**[0029]** Die erste und/oder zweite Messeinrichtung kann mindestens einen Abstandssensor aufweisen, der ein taktiler Abstandssensor oder ein berührungsloser Abstandssensor ist. Derartige Abstands-Messsysteme gehören zum Stand der Technik. Als berührungslose Abstandssensoren können beispielsweise optische oder induktive oder kapazitive Abstandssensoren oder Ultraschall-Abstandssensoren verwendet werden. Beispielsweise kann auch der im Allgemeinen neben der Fräsrolle vorgesehene Kantenschutz einer Straßenfräsmaschine als taktiler Sensor der Abstands-Messeinrichtung fungieren. So kann beispielsweise ein Seilzugsensor die Position des in Arbeitsrichtung linken und/oder rechten Kantenschutzes, der schwimmend auf der zu bearbeitenden Bodenoberfläche aufliegt, relativ zum Maschinenrahmen erfassen. Wenn die Frästiefe erhöht wird, bewegt sich der Kantenschutz relativ zu dem Maschinenrahmen um einen Betrag nach oben, welcher der Änderung der Frästiefe entspricht. Wird die Frästiefe hingegen verringert, bewegt sich der Kantenschutz relativ zu dem Maschinenrahmen um einen Betrag nach unten, welcher der Änderung der Frästiefe entspricht.

**[0030]** Das erfindungsgemäße Verfahren zum Steuern einer selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschine, und die erfindungsgemäßen Verfahren zum Bearbeiten des Bodens zeichnen sich durch einen Querneigungs-Aufzeichnungsmodus aus, in dem beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine in einer Spur eine Folge von die Querneigung des bearbeiteten Bodens in einer zur Arbeitsrichtung querverlaufenden Richtung beschreibende Querneigungswerte ermittelt werden, aus der Folge der Querneigungswerte ein die Querneigung beschreibendes Querneigungsmodell erstellt wird, und das Querneigungsmodell gespeichert wird. Darüber hinaus zeichnen sich die erfindungsgemäßen Verfahren durch einen Querneigungs-Steuerungsmodus aus, in dem beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine in einer anderen Spur als der Spur, in der die Querneigungswerte ermittelt worden sind, die Steuerung zumindest einer der Hubeinrichtungen zumindest in Abhängigkeit von den Querneigungswerten, die auf der Grundlage des gespeicher-

ten Querneigungsmodells ermittelt werden, erfolgt.

**[0031]** Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bearbeiten eines Bodens mit einer selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschine, welche einen von Laufwerken getragenen Maschinenrahmen und eine an dem Maschinenrahmen angeordnete Bodenbearbeitungseinrichtung, insbesondere Fräswalze, und den Laufwerken zugeordnete Hubeinrichtungen zum Anheben und Absenken der Laufwerke gegenüber dem Maschinenrahmen aufweist. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden mit der Bodenbearbeitungsmaschine in aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen nebeneinander liegende Spuren bearbeitet. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass bei der Bearbeitung einer vorausgehenden Spur beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine eine Folge von die Querneigung des bearbeiteten Bodens in einer zur Arbeitsrichtung querverlaufenden Richtung beschreibende Querneigungs-Werte ermittelt werden, aus der Folge der Querneigungs-Werte ein die Querneigung für die Bearbeitung einer nachfolgenden Spur beschreibendes Querneigungsmodell erstellt wird, und das Querneigungsmodell gespeichert wird, und bei der Bearbeitung einer der vorausgehenden Spur nachfolgenden Spur beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine die Steuerung zumindest einer der Hubeinrichtungen zumindest in Abhängigkeit von den Querneigungs-Werten, die auf der Grundlage des gespeicherten Querneigungsmodells ermittelt werden, erfolgt. Folglich umfasst das erfindungsgemäße Verfahren einen Querneigungs-Aufzeichnungsmodus und einen Querneigungs-Steuerungsmodus.

**[0032]** In dem Querneigungs-Aufzeichnungsmodus können die Hubeinrichtungen derart angesteuert werden, dass beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine die mit einer ersten Messeinrichtung erfasste Frästiefe, welche an der in Arbeitsrichtung einen Seite der Bodenbearbeitungseinrichtung angeordnet ist, und die mit einer zweiten Messeinrichtung erfasste Frästiefe, welche an der in Arbeitsrichtung anderen Seite der Bodenbearbeitungseinrichtung, d. h. der einen Seite gegenüberliegenden Seite, angeordnet ist, unabhängig von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche im Wesentlichen konstant gehalten wird

**[0033]** Zur Erstellung des Querneigungs-Modells können aus den im Querneigungs-Aufzeichnungsmodus ermittelten Querneigungswerten positionsbezogene Querneigungs-Werte ermittelt werden, welche die Lage von Positionspunkten beschreibende x-Koordinaten und y-Koordinaten und die an diesen Positionspunkten ermittelten Querneigungen umfassen. Für die Erstellung des Querneigungs-Modells ist ausreichend, wenn die Querneigung nur an einigen für den Querneignungsverlauf charakteristischen Punkten erfasst wird.

**[0034]** Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum gleichzeitigen Bearbeiten eines Bodens mit einer ersten und einer zweiten selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschi-

ne, welche jeweils einen von Laufwerken getragenen Maschinenrahmen und eine an dem Maschinenrahmen angeordnete Bodenbearbeitungseinrichtung, insbesondere Fräswalze, den Laufwerken zugeordnete Hubeinrichtungen zum Anheben und Absenken der Laufwerke gegenüber dem Maschinenrahmen und eine Steuereinrichtung zum Ansteuern der Hubeinrichtungen aufweisen, wobei mit der ersten Bodenbearbeitungsmaschine eine erste Spur und mit der zweiten Bodenbearbeitungsmaschine eine zweite Spur gleichzeitig bearbeitet wird, welche nebeneinander liegen. Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht auf die Bearbeitung des Bodens mit nur zwei Bodenbearbeitungsmaschinen beschränkt. Der Boden kann auch mit mehr als zwei Bodenbearbeitungsmaschinen bearbeitet werden. Entscheidend ist, dass in einem Arbeitsprozess mit einer Maschine die für die Durchführung eines Arbeitsprozess mit einer anderen Maschine oder anderen Maschinen erforderlichen Informationen bezüglich der einzustellenden Querneigung  $\alpha$  des Maschinenrahmens bzw. der Fräswalze bereitgestellt werden.

**[0035]** In einem Querneigungs-Aufzeichnungsmodus können bei der Bearbeitung einer ersten Spur beim Vorschub einer ersten Bodenbearbeitungsmaschine eine Folge von die Querneigung des bearbeiteten Bodens in einer zur Arbeitsrichtung querverlaufenden Richtung beschreibende Querneigungs-Werte ermittelt werden, aus der Folge der Querneigungs-Werte ein die Querneigung beschreibendes Querneigungsmodell erstellt werden, und das Querneigungsmodell an eine zweite Bodenbearbeitungsmaschine übermittelt werden. In einem Querneigungs-Steuerungsmodus kann bei der Bearbeitung einer zweiten Spur mit der zweiten Bodenbearbeitungsmaschine die Steuerung zumindest einer der Hubeinrichtungen zumindest in Abhängigkeit von den Querneigungswerten, die auf der Grundlage des von der ersten Bodenbearbeitungsmaschine empfangenen Querneigungsmodells ermittelt werden, erfolgen. Die Übermittlung der Informationen (Daten) kann über eine Cloud erfolgen.

**[0036]** Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Bodenbearbeitungsmaschine unter Bezugnahme auf die Zeichnungen im Einzelnen beschrieben.

**[0037]** Es zeigen:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Bodenbearbeitungsmaschine in der Seitenansicht,

Fig. 2 die einzelnen Komponenten der Bodenbearbeitungsmaschine in vereinfachter schematischer Darstellung,

Fig. 3 eine Draufsicht auf eine Straße, die von der Bodenbearbeitungsmaschine bearbeitet wird, wobei die Bodenbearbeitungsmaschine einen fahrbahninnenseitigen Streckenabschnitt be-

- arbeitet,
- Fig. 4 die Bodenbearbeitungsmaschine von Fig. 3 in der Rückansicht,
- Fig. 5 den Querneigungsverlauf in einer Kurve,
- Fig. 6 eine Draufsicht auf die Straße, die von der Bodenbearbeitungsmaschine bearbeitet wird, wobei die Bodenbearbeitungsmaschine einen fahrbahnaußenseitigen Streckenabschnitt bearbeitet,
- Fig. 7 die Bodenbearbeitungsmaschine von Fig. 6 in der Rückansicht,
- Fig. 8 eine Draufsicht auf eine Verkehrsfläche, die von einem Maschinenverbund von zwei Bodenbearbeitungsmaschinen gleichzeitig bearbeitet wird,
- Fig. 9 eine Draufsicht auf eine Verkehrsfläche bei einem weiteren Ausführungsbeispiel, bei dem die Verkehrsfläche von einem Maschinenverbund von mehreren Bodenbearbeitungsmaschinen gleichzeitig bearbeitet wird,
- Fig. 10 eine Draufsicht auf eine Verkehrsfläche bei einem weiteren Ausführungsbeispiel mit mehreren Bodenbearbeitungsmaschinen,
- Fig. 11 eine Draufsicht auf eine Verkehrsfläche bei einem weiteren Ausführungsbeispiel mit mehreren Bodenbearbeitungsmaschinen und
- Fig. 12 eine Draufsicht auf eine Straße, die von einer Bodenbearbeitungsmaschine bearbeitet wird, wobei die Straße einen geraden Abschnitt aufweist, welcher in eine Kurve übergeht.

**[0038]** Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschine 1 in der Seitenansicht. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Bodenbearbeitungsmaschine eine Straßenfräsmaschine und der zu bearbeitende Boden ist eine Straße. Nachfolgend wird die in Arbeitsrichtung eine Seite der Bodenbearbeitungsmaschine als die linke Seite und die in Arbeitsrichtung andere Seite der Bodenbearbeitungsmaschine als die rechte Seite der Bodenbearbeitungsmaschine bezeichnet, wobei die Bodenbearbeitungsmaschine für die Bearbeitung einer Straße für den Rechtsverkehr bestimmt ist. Fig. 2 zeigt die einzelnen Komponenten der Bodenbearbeitungsmaschine 1 in vereinfachter schematischer Darstellung, wobei die einander entsprechenden Komponenten mit denselben Bezugszeichen versehen sind.

**[0039]** Die Bodenbearbeitungsmaschine 1 verfügt über ein Fahrwerk 2 und einen Maschinenrahmen 3. Das

Fahrwerk 2 weist ein in Arbeitsrichtung A vorderes linkes Laufwerk 4 und ein vorderes rechtes Laufwerk 5 sowie ein in Arbeitsrichtung A hinteres linkes Laufwerk 6 und ein hinteres rechtes Laufwerk 7 auf. Als Laufwerke können Kettenlaufwerke oder Räder vorgesehen sein.

**[0040]** Zur Verstellung der Höhe und/oder Neigung des Maschinenrahmens 3 gegenüber der Oberfläche 8 des Bodens (Straßenoberfläche) weist die Bodenbearbeitungsmaschine 1 den einzelnen Laufwerken 4, 5, 6, 7 zugeordnete Hubeinrichtungen 4A, 5A, 6A, 7A auf, von denen der Maschinenrahmen 3 getragen wird. Die Hubeinrichtungen 4A, 5A, 6A, 7A weisen zum Verstellen der Laufwerke jeweils eine Kolben/Zylinder-Anordnung 9 auf.

**[0041]** Die hinteren Laufwerke 4, 5 der Bodenbearbeitungsmaschine 1 sind hydraulisch derart miteinander zwangsgekoppelt, dass ein Anheben des linken hinteren Laufwerks 4 ein Absenken des rechten hinteren Laufwerks 5 und ein Absenken des linken hinteren Laufwerks 4 ein Anheben des rechten hinteren Laufwerks 5 bewirkt. Die Kopplung der Laufwerke kann aber auch mechanisch erfolgen. Anstelle der Hinterachse kann auch die Vorderachse zwangsgekoppelt sein, beispielsweise wie bei einigen Kompakt- bzw. Kleinfräsen. Eine hydraulische Kopplung der Laufwerke einer Vorderachse ist beispielsweise in der DE 196 17 442 C1 beschrieben. Es können aber auch alle vier Laufwerke zwangsgekoppelt sein (EP 1 855 899 A1). Anstelle einer vorderen oder hinteren zwangsgekoppelten Achse kann die jeweilige Achse auch nur durch ein einziges mittiges Laufwerk gebildet sein. Für die Erfindung ist letztlich unwesentlich, wie das Fahrwerk ausgeführt ist.

**[0042]** Die Bodenbearbeitungsmaschine 1 verfügt weiterhin über eine mit Fräswerkzeugen bestückte Fräs- walze 10, die am Maschinenrahmen 3 zwischen den vorderen und hinteren Laufwerken 4, 5, 6, 7 in einem Fräs- walzengehäuse 11 angeordnet ist, welches an den Längsseiten von einem linken und rechten Kantenschutz 12, 13 verschlossen ist.

**[0043]** Durch Einfahren und Ausfahren der Kolben/Zy- linder-Anordnungen 9 der Hubeinrichtungen 4A, 5A, 6A, 7A kann die Höhe und/oder Neigung des Maschinenrah- mens 3 und der am Maschinenrahmen angeordneten Fräs- walze 10 gegenüber der Bodenoberfläche 8 einge- stellt werden. Zum Abtransport des abgefrästen Straßen- belags ist eine Fördereinrichtung 14 mit einem Förder- band vorgesehen.

**[0044]** Die Bodenbearbeitungsmaschine 1 verfügt über eine erste, in Arbeitsrichtung linke Abstands-Me- seinrichtung 14, die derart ausgebildet ist, dass der Ab- stand zwischen einem auf den Maschinenrahmen 3 be- zogenen ersten, linken Referenzpunkt RL und der Bo- denoberfläche 8 gemessen wird, und eine zweite, in Ar- beitsrichtung rechte Abstands-Messeinrichtung 15, die derart ausgebildet ist, dass der Abstand zwischen einem auf den Maschinenrahmen 3 bezogenen zweiten, rech- ten Referenzpunkt RR und der Bodenoberfläche 8 ge- messen wird.

**[0045]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die beiden Abstands-Messeinrichtungen 14, 15 taktile Messeinrichtungen, die von dem linken bzw. rechten Kantenschutz 12, 13 Gebrauch machen, welcher auf der in Arbeitsrichtung linken bzw. rechten Seite des Maschinenrahmens 3 zwischen den vorderen und hinteren Laufwerken 4, 5, 6, 7 seitlich neben der Fräswalze 10 angeordnet ist. Die erste bzw. zweite Messeinrichtung 14, 15 weist einen linken bzw. rechten Seilzugsensor 12A, 13A auf, wobei das lose Ende des Seilzugs 12AA, 13AA an dem linken bzw. rechten Kantenschutz 12, 13 befestigt ist (Fig. 4). Der linke bzw. rechte Kantenschutz 12, 13 liegt auf der Bodenoberfläche 8 auf. Der Seilzugsensor 12A, 13B misst die Wegstrecke, um die sich der Kantenschutz 12, 13 auf und ab bewegt. Folglich kann der Abstand zwischen dem Referenzpunkt RL bzw. RR und der Bodenoberfläche 8, auf dem der Kantenschutz 12 bzw. 13 aufliegt, gemessen werden. Wenn der Kantenschutz über zwei in Fahrtrichtung versetzt angeordnete Hydraulikzylinder höhenverstellbar befestigt ist, kann die Höhe des Kantenschutzes auch mittels eines in die Hydraulikzylinder integrierten Wegmesssystems erfasst werden.

**[0046]** Darüber hinaus verfügt die Bodenbearbeitungsmaschine 1 über eine Steuereinrichtung 16, die eine selbstständige Baugruppe bilden oder zumindest teilweise Bestandteil der nicht dargestellten zentralen Steuer- und Recheneinheit der Baumaschine sein kann. Die Steuereinrichtung 16 kann beispielsweise einen allgemeinen Prozessor, einen digitalen Signalprozessor (DSP) zur kontinuierlichen Bearbeitung digitaler Signale, einen Mikroprozessor, eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), einen aus Logikelementen bestehenden integrierten Schaltkreis (FPGA) oder andere integrierte Schaltkreise (IC) oder Hardware-Komponenten aufweisen, um die Ansteuerung der Hubeinrichtungen und die Aufnahme und Auswertung der Messwerte auszuführen. Auf den Hardware-Komponenten kann ein Datenverarbeitungsprogramm (Software) laufen. Es ist auch eine Kombination der verschiedenen Komponenten möglich. Die Steuereinrichtung 16 ist derart konfiguriert, dass die einzelnen Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Steuern der Bodenbearbeitungsmaschine ausgeführt werden.

**[0047]** Die Steuereinrichtung 16 ist über Signalleitungen 17E bzw. Datenleitungen mit den Seilzugsensoren 12A, 13A der Abstands-Messeinrichtungen 14, 15 verbunden und erzeugt Steuersignale für die Hubeinrichtungen 4A, 5A, 6A, 7A. Die Hubeinrichtungen 4A, 5A, 6A, 7A sind derart ausgebildet, dass deren Kolben/Zylinder-Anordnungen 9 in Abhängigkeit von den Steuersignalen ein- bzw. ausgefahren werden, so dass die Laufwerke 4, 5, 6, 7 gegenüber dem Maschinenrahmen 3 angehoben oder abgesenkt werden. Die Steuersignale werden über Steuer- bzw. Datenleitungen 18C übertragen.

**[0048]** Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Bodenbearbeitungsmaschine sowie ein Verfahren zu deren Steuerung unter Bezugnahme auf die schematische Darstellung der Bodenbearbei-

tungsmaschine in Fig. 2 und die Figuren 3 bis 7 beschrieben.

**[0049]** Die zu bearbeitenden Verkehrsflächen können unterschiedliche Profile haben, wobei sich die Querneigung  $\alpha$  verändern kann. In einer Rechtskurve kann die Straßenoberfläche gegenüber der Horizontalen in Fahrtrichtung nach rechts und in einer Linkskurve nach links geneigt sein. Auf einem geraden Streckenabschnitt kann eine Straße zu der einen oder anderen Seite geneigt sein. Folglich kann sich die Querneigung einer Straße über den Streckenverlauf verändern. Fig. 5 zeigt den Querneigungsverlauf in einer Rechtskurve. Die Querneigung der Straße nimmt zur Kurvenmitte zu (Streckenabschnitt a), bleibt in der Kurvenmitte gleich (Streckenabschnitt b) und nimmt nach der Kurvenmitte wieder ab (Streckenabschnitt c).

**[0050]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel soll mit der Bodenbearbeitungsmaschine 1 ein Belag von der rechten Fahrbahn einer Straße abgefräst werden. Die Steuereinrichtung 16 der Bodenbearbeitungsmaschine 1 ist derart konfiguriert, dass die nachfolgend beschriebenen Schritte ausgeführt werden.

**[0051]** Die Figuren 3, 4 und 6, 7 zeigen die Straßenoberfläche 8 der linken Fahrbahn 8L und der rechten Fahrbahn 8R der Straße S, die Mittellinie 8M sowie den rechten Randstreifen 8A. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel entspricht die Arbeitsbreite der Fräswalze 10 etwa der halben Breite der Fahrbahnen 8L bzw. 8R. Hier ist die Arbeitsbreite der Fräswalze (Frässpur) etwas größer als die Hälfte der Fahrbahn. Die Bodenbearbeitungsmaschine 1 soll in einem ersten Arbeitsschritt I die linke Hälfte 8I (linke Frässpur) der rechten Fahrbahn 8R und einem zweiten Arbeitsschritt II die rechte Hälfte 8II (rechte Frässpur) der rechten Fahrbahn 8R abfräsen. Die Figuren 3 und 4 zeigen eine Draufsicht auf die Straße S und eine Rückansicht der Bodenbearbeitungsmaschine 1 in dem ersten Arbeitsschritt I und die Figuren 6 und 7 zeigen eine Draufsicht auf die Straße S und eine Rückansicht der Bodenbearbeitungsmaschine 2 in dem zweiten Arbeitsschritt II. Die Straße S hat in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Querneigung  $\alpha$  zum rechten Randstreifen 8A, beispielsweise 1%, welche sich im Verlauf der Straße ändern kann. Zur besseren Veranschaulichung ist die Querneigung  $\alpha$  in den Figuren 4 und 7 überzeichnet.

**[0052]** Zu Beginn der Fräsarbeiten werden die linke und rechte Abstands-Messeinrichtung 14, 15 justiert, insbesondere der Nullpunkt eingestellt. Die linke und rechte Abstands-Messeinrichtung 14, 15 messen den Abstand des Referenzpunktes RL, RR zu der Oberfläche 8 des unbearbeiteten Bodens. Zur Einstellung des Nullpunktes werden bei bodenparalleler Ausrichtung der Bodenfräsmaschine 1 die Hubeinrichtungen 4A, 5A, 6A, 7A derart eingestellt, dass die Fräswalze 10 die Bodenoberfläche 8 mit der von den Spitzen der Fräswerkzeuge beschriebenen zylindrischen Mantelfläche gerade eben berührt. Hierfür werden die Hubeinrichtungen 4A, 5A, 6A, 7A so lange eingefahren, bis die Fräswerkzeuge der sich dre-

henden Fräswalze 10 am Boden zu kratzen beginnen, wobei die Fräswalzenachse 10A parallel zur Bodenoberfläche ausgerichtet ist. Dieser Vorgang wird auch als Ankratzen bezeichnet. Wenn die Fräswerkzeuge die Bodenoberfläche 8 berühren, wird die linke und rechte Abstands-Messeinrichtung 14, 15 auf Null gesetzt. Wenn die Hubeinrichtungen 4A, 5A, 6A, 7A weiter eingefahren werden und die Fräswalze 10 in den Boden eindringt, werden negative Abstandswerte ermittelt. Der Betrag der Abstandswerte entspricht der Frästiefe. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird eine Frästiefe von beispielsweise 40 mm eingestellt. Hierzu werden beispielsweise das vordere linke Laufwerk 4 um 40 mm und das vordere rechte Laufwerk 5 um 40 mm und das hintere linke Laufwerk 6 gemeinsam mit dem hinteren rechten Laufwerk 7 um 40 mm abgesenkt, woraus sich eine Frästiefe von 40 mm ergibt.

**[0053]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel soll die mit der Fräswalze 10 zu bearbeitende Straßenoberfläche eine Kopie der unbearbeiteten Oberfläche darstellen, d. h. in Längsrichtung der Straße S soll über die gesamte Breite der Fräswalze ein Belag mit weitgehend der gleichen Schichtdicke abgetragen werden, so dass die Querneigung  $\alpha$  der Straße S nicht wesentlich verändert wird. Dieser Vorgang wird auch als Kopierfräsen bezeichnet. Es ist aber auch möglich, die Querneigung der Straße zu verändern, wobei die Oberfläche der gefrästen Straße nicht parallel zur unbearbeiteten Straßenoberfläche verlaufen soll.

**[0054]** Während des Vorschubs der Bodenbearbeitungsmaschine 1 wird von den beiden Messeinrichtungen 14, 15 die aktuelle Frästiefe auf der rechten und linken Seite der Fräswalze 10 erfasst. Stellt eine der Messeinrichtungen 14, 15 eine abweichende Frästiefe fest, erfolgt eine entsprechende Korrektur.

**[0055]** Die Steuereinrichtung 16 ist derart konfiguriert, dass für die Hubeinrichtungen 4A, 5A, 6A, 7A Steuersignale erzeugt werden, so dass die Hubeinrichtungen in Abhängigkeit von den Messsignalen der Seilzugsensoren 12A, 13A derart ein- bzw. ausgefahren werden, dass beim Vorschub der Straßenfräsmaschine die Frästiefe an der in Arbeitsrichtung linken und rechten Seite der Fräswalze 10 unabhängig von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche im Wesentlichen konstant gehalten wird.

**[0056]** Bei der erfindungsgemäßen Bodenbearbeitungsmaschine verfügt die Steuereinrichtung 16 über eine Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung 17 (Fig. 2), die nachfolgend beschrieben wird.

**[0057]** Die Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung 17 weist einen Querneigungssensor 17A auf, welcher derart ausgebildet ist, dass beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine eine Folge von die Querneigung des bearbeiteten Bodens (Straße) in einer zur Arbeitsrichtung A querverlaufenden Richtung beschreibende Querneigungs-Werte ermittelt werden. Der Querneigungssensor 17A misst die absolute Querneigung  $\alpha$  des Maschinenrahmens 3 und der Fräswalze 10 bzw. der

Fräswalzenachse 10A gegenüber der Horizontalen während der Bearbeitung der Straße. Der Querneigungssensors 17A kann am Maschinenrahmen 3 an einer beliebigen Stelle angeordnet sein. Da der Maschinenrahmen starr ist, wird an jeder Stelle des Maschinenrahmens dieselbe Querneigung  $\alpha$  gemessen.

**[0058]** Darüber hinaus weist die Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung 17 eine Auswerteeinrichtung 17B auf, die derart ausgebildet ist, dass aus der Folge der Querneigungs-Werte ein die Querneigung  $\alpha$  beschreibendes Querneigungsmodell erstellt wird. Dieses Querneigungsmodell beschreibt die Querneigung  $\alpha$  einer anderen (zukünftigen) Frässpur als die von der Bodenbearbeitungsmaschine gerade bearbeiteten Frässpur, was im vorliegenden Ausführungsbeispiel die rechte Hälfte 8II der rechten Fahrbahn 8R ist. Das Querneigungsmodell ist derart beschaffen, dass die in der gerade von der Bodenbearbeitungsmaschine bearbeiteten linken Frässpur erfasste Querneigung  $\alpha$  auf einen Fahrbahnabschnitt rechts und/oder links dieser Spur extrapoliert wird. Der von dem Querneigungsmodell abgedeckte Abschnitt sollte eine ausreichende Breite haben, so dass dieser Abschnitt wenigstens die nächste (rechte) Frässpur abdeckt, er kann allerdings auch so breit gewählt werden, dass zwei oder mehr seitlich links und/oder rechts angrenzende Frässpuren abgedeckt werden. Im Allgemeinen entspricht die Querneigung in dem Fahrbahnabschnitt rechts und/oder links der gerade von der Bodenbearbeitungsmaschine bearbeiteten Frässpur der Querneigung der gerade bearbeiteten Frässpur, da die Straße S über die gesamte Breite dieselbe Querneigung  $\alpha$  haben soll. Weiterhin umfasst die Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung 17 eine Speichereinrichtung 17C, welche derart konfiguriert ist, dass das Querneigungsmodell gespeichert wird.

**[0059]** Die Steuereinrichtung 16 ist derart konfiguriert, dass ein Querneigungs-Aufzeichnungsmodus eingestellt werden kann, in dem beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine 1 mit dem Querneigungssensor 17A Querneigungs-Werte ermittelt werden, und mit der Auswerteeinrichtung 17B aus den Querneigungs-Werten ein Querneigungsmodell erstellt wird und das Querneigungsmodell in der Speichereinrichtung 17C gespeichert wird.

**[0060]** Wenn die Bodenbearbeitungsmaschine die innenliegende Hälfte 8I der rechten Fahrbahn 8R bearbeitet, wird die Maschine in dem Querneigungs-Aufzeichnungsmodus betrieben, um ein Querneigungsmodell für die Bearbeitung der außenliegenden Hälfte 8II der rechten Fahrbahn 8R zu erstellen. In dem Querneigungs-Aufzeichnungsmodus wird die Querneigung  $\alpha$  der Straße S mit dem Querneigungssensor 17A beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine kontinuierlich oder diskontinuierlich erfasst. Die Querneigung  $\alpha$  kann in bestimmten Zeitabständen, in denen bestimmte Wegstrecken zurückgelegt werden, gemessen werden. Diese Zeitabstände können von einer vorgegebenen Taktfrequenz bestimmt sein. Die Querneigung kann beim Vorschub

der Bodenbearbeitungsmaschine, in regelmäßigen Abständen, beispielsweise von 10 cm bis 100 cm, gemessen werden, wobei die Vorschubgeschwindigkeit konstant gehalten werden kann. Diese Abstände können auch größer oder kleiner sein, beispielsweise kann der Abstand in Abhängigkeit von Maschinen-Parametern statisch oder dynamisch verändert werden, insbesondere in Abhängigkeit der Fräsbreite oder des aktuellen Lenkwinkels eingestellt werden. Die Querneigung  $\alpha$  kann auch in unregelmäßigen Abständen erfasst werden.

**[0061]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird angenommen, dass die Querneigung  $\alpha$  der Straße S in gleichbleibenden Abständen diskontinuierlich erfasst wird. Die Querneigung  $\alpha$  der bearbeiteten Bodenoberfläche wird beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine mit dem Querneigungssensor 17A somit an aufeinanderfolgenden Wegpunkten  $PW_1, PW_2, PW_3, \dots, PW_n$  der Straße S gemessen, welche auf einer gemeinsamen Achse liegen. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel schneidet diese Achse die Längsachse 10A der Fräswalze 10 in einem rechten Winkel und verläuft entlang der rechten Außenkante der Fräswalze bzw. der Frässpur. Es wird angenommen, dass sich die Querneigung  $\alpha$  in Längsrichtung der Straße S ändert und sich in Querrichtung der Straße nicht ändert. Bei einer fortlaufenden Messung der Querneigung in den bestimmten Abständen an den Wegpunkten  $PW_1, PW_2, PW_3, \dots, PW_n$  ergeben sich daher querverlaufenden Linien  $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$  auf denen die Querneigung  $\alpha$  jeweils gleich ist.

**[0062]** Die Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung 17 verfügt über eine Positionsbestimmungseinrichtung 17D, um aus den Querneigungs-Werten positionsbezogene Querneigungs-Werte zu ermitteln. Die Positionsbestimmungseinrichtung 17D kann ein globales Navigationssatellitensystem (Global Navigation Satellite System (GNSS)) sein, welches die Lage der Wegpunkte  $PW_1, PW_2, PW_3, \dots, PW_n$ , an denen die Querneigung  $\alpha$  gemessen wird, in einem von der Bodenbearbeitungsmaschine 1 unabhängigen Koordinatensystem bestimmt. Die Positionsbestimmungseinrichtung 17D liefert an den Wegpunkten  $PW_1, PW_2, PW_3, \dots, PW_n$  bzw. zu den Zeitpunkten, an denen die Querneigung gemessen wird, Positionswerte  $(x, y)$ , die den gemessenen Querneigungs-Werten zugeordnet werden ( $\alpha(x, y)$ ).

**[0063]** Die Auswerteeinrichtung 17B der Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung 17 ist derart konfiguriert, dass aus der Folge der positionsbezogenen Querneigungs-Werte ( $\alpha(x, y)$ ) ein Querneigungsmodell erstellt wird, welches die Querneigung  $\alpha$  in einem Abschnitt der Straße S beschreibt, welcher bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel rechts der Frässpur der Bodenbearbeitungsmaschine liegt. Das Querneigungsmodell kann einen Abschnitt der Straße S links und/oder rechts der Frässpur beschreiben.

**[0064]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel erstellt die Auswerteeinrichtung 17B aus den an den Wegpunkten  $PW_1, PW_2, PW_3, \dots, PW_n$  gemessenen Querneigungen  $\alpha$  ein die Querneigung der Geländeoberflä-

che in dem/den benachbarten Abschnitt(en) der Straße S beschreibendes Querneigungsmodell. Das Querneigungsmodell kann ein TIN-Modell sein (Triangulated Irregular Network (TIN)), dessen Stützpunkte (Massepunkte)  $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$  durch Dreiecke  $D_{11}, D_{12}, D_{21}, D_{22}, D_{31}, D_{32}, D_{41}, D_{42}, \dots, D_{1n}, D_{2n}$  vermascht sind, um eine Netzstruktur zu schaffen, die an sämtlichen sich innerhalb der Netzstruktur befindlichen Punkten, beispielsweise an den Punkten  $P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{21}, P_{22}, P_{23}, \dots, P_{n1}, P_{n2}, P_{n3}$  die Querneigung  $\alpha$  beschreibt.

**[0065]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel bilden die Wegpunkte  $PW_1, PW_2, PW_3, \dots, PW_n$ , an denen die Querneigung gemessen wird, gleichsam die innenliegenden Stützpunkte  $K_{11}, K_{12}, K_{13}, K_{14}, \dots, K_m$  der Dreiecke  $D_{11}, D_{12}, D_{21}, D_{22}, D_{31}, D_{32}, D_{41}, D_{42}, \dots, D_{n1}, D_{n2}$  der Dreiecksstruktur. Die Querneigung  $\alpha$  kann aber auch an anderen Stellen der Straße S gemessen werden. An den außenliegenden Stützpunkten  $K_{21}, K_{22}, K_{23}, K_{24}, \dots, K_{2n}$  ist bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Querneigung  $\alpha$  gleich der Querneigung an den innenliegenden Stützpunkten  $K_{11}, K_{12}, K_{13}, K_{14}, \dots, K_{1n}$ . Die Querneigung  $\alpha$  der Straße S kann nunmehr an jedem beliebigen Punkt innerhalb der Dreiecke der Dreiecksstruktur durch Interpolation auf der Grundlage des Querneigungsmodells mit den bekannten Verfahren bzw. Algorithmen für einen Abschnitt der Straße zumindest auf einer Seite der Bodenbearbeitungsmaschine 1 ermittelt werden. Das mit den Messwerten in der innenliegenden Hälfte 8I ermittelte Querneigungsmodell wird in die Speichereinrichtung 17C für die Bearbeitung der außenliegenden Hälfte 8II eingelesen. Im Hinblick auf die Querneigung  $\alpha$  stehen somit die für die Bearbeitung der außenliegenden Hälfte 8II erforderlichen Informationen zur Verfügung.

**[0066]** Die Figuren 6 und 7 zeigen, wie die Bodenbearbeitungsmaschine 1 die außenliegende Frässpur (Hälfte 8II) bearbeitet. Auf dieser Frässpur (Hälfte 8II) kann die Frästiefe mit der zweiten, rechten Messeinrichtung 15 nicht ermittelt werden, da der rechte Kantenschutz 13 nicht auf der Fahrbahn, sondern dem Randstreifen 8A aufliegt, der keine geeignete Referenzfläche bildet. Daher ist in Fig. 7 lediglich der rechte Kantenschutz 13 dargestellt, nicht aber die rechte Messeinrichtung. Die Steuereinrichtung 16 stellt für die Frästiefe auf der linken Seite einen Wert von Null ein, da der linke Kantenschutz 12, der auf der linken Seite zwischen den linken Laufwerken 4, 6 neben der Fräswalze 10 angeordnet ist, auf dem bereits gefrästen Boden aufliegt, d. h. sich 40 mm unterhalb der unbearbeiteten Bodenoberfläche 8 befindet.

**[0067]** Für die Bearbeitung der außenliegenden Hälfte 8II sieht die Steuereinrichtung 16 einen Querneigungs-Steuerungsmodus vor, in dem beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine die Steuerung der Hubeinrichtungen 4A, 5A, 6A, 7A zumindest in Abhängigkeit von den Querneigungswerten erfolgt, die auf der Grundlage des Querneigungsmodells ermittelt werden, welches in der Speichereinrichtung 17C gespeichert ist. Die Steu-

ereinrichtung 16 ist derart konfiguriert, dass beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine mit der Positionsbestimmungseinrichtung 17D auf der außenliegenden Hälfte 8II fortlaufend die x/y-Koordinaten der betreffenden Punkte  $P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{21}, P_{22}, P_{23}, \dots, P_{n1}, P_{n2}, P_{n3}$ , an denen sich die Fräswalze 10 befindet, bestimmt werden und für diese Punkte mit dem Querneigungsmodell die Soll-Werte  $\alpha_{\text{soll}}$  für die an diesen Punkten einzustellende Querneigung ermittelt werden. Diese Punkte  $P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{21}, P_{22}, P_{23}, \dots, P_{n1}, P_{n2}, P_{n3}$  können Punkte in der Frässpur der Bodenbearbeitungsmaschine sein, welche sich auf einen Referenzpunkt der Bodenbearbeitungsmaschine beziehen, beispielsweise einen Referenzpunkt auf der Fräswalzenachse 10A der Fräs- walze 10, insbesondere die Mittelsenkrechte der Fräs- walze 10. Die Koordinaten  $(x, y)$  der Positionspunkte, beispielsweise  $P_{11}(x_{11}, y_{11})$ , werden von der Positions- bestimmungseinrichtung (17D) ermittelt. Während des Vorschubs der Bodenbearbeitungsmaschine 1 werden somit die Soll-Werte  $\alpha_{\text{soll}}$  der Querneigung  $\alpha$  an den einzelnen Positionspunkten auf der außenliegenden Hälfte 8II mit dem Querneigungsmodell  $(\alpha(x, y))$  fortlaufend ermittelt. Die hierzu erforderlichen Rechenoperati- onen erfolgen mit der Auswerteinrichtung 17B.

**[0068]** Die Steuereinrichtung 16 ist derart konfiguriert, dass die vordere rechte Hubeinrichtung 7A derart ange- steuert wird, dass der Ist-Wert der Querneigung dem Soll-Wert entspricht. Dadurch ist sichergestellt, dass sich die rechte Frässpur mit der gleichen Querneigung an die linke Frässpur anschließt. Da die Querneigung des Ma- schinenrahmens 3 bzw. der Fräs- walze 10 geregelt wird, braucht die Frästiefe auf der rechten Seite des Maschi- nenrahmens 3 nicht gemessen zu werden, was wegen des Randstreifens 8A auch nicht möglich wäre. Bei einer Bodenbearbeitungsmaschine mit einer vorderen Pen- delachse wird in analoger Betrachtungsweise die hintere rechte Hubeinrichtung angesteuert. Eine Bodenbearbei- tungsmaschine für den Linksverkehr sieht in analoger Betrachtungsweise eine Ansteuerung der linken, vorderen bzw. hinteren Hubeinrichtung anstelle der rechten, vorderen bzw. hinteren Hubeinrichtung vor.

**[0069]** Der oben beschriebene Arbeitsprozess kann mit nur einer Bodenbearbeitungsmaschine durchgeführt werden, wobei das ermittelte Querneigungsmodell in die Speichereinrichtung 17C eingelesen und aus der Spei- chereinrichtung ausgelesen wird. Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Fig. 8 eine alternative Ausführungs- form einer Bodenbearbeitungsmaschine beschrieben, die im Verbund von mehreren Bodenbearbeitungsmas- chinen für die gleichzeitige Bearbeitung einer Verkehrs- fläche ausgebildet ist. Die einander entsprechenden Komponenten sind mit denselben Bezugszeichen verse- hen. Die Verkehrsfläche kann beispielsweise eine Lan- debahn für Flugzeuge sein, welche mit mehreren Boden- bearbeitungsmaschinen bearbeitet werden soll, um die Bearbeitungszeit zu verkürzen.

**[0070]** In Fig. 8 sind zwei Bodenbearbeitungsmaschi- nen 1, 1' dargestellt, die im Verbund arbeiten. Die ein-

zelnen Teile sind in Fig. 8 mit denselben Bezugszeichen versehen. Nachfolgend wird die in Arbeitsrichtung A linke Bodenbearbeitungsmaschine 1 als erste und die rechte Bodenbearbeitungsmaschine 1' als zweite Maschine be- zeichnet. Die erste Maschine 1 eilt der zweiten Maschine 1' in Arbeitsrichtung A voraus. Es ist aber auch möglich, dass mehr als zwei Maschinen zum Einsatz kommen, wobei sich die Maschinen seitlich und in Längsrichtung zueinander versetzt bewegen.

**[0071]** Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist zwar ein Randstreifen nicht vorhanden, der den Einsatz von der linken und rechten Messeinrichtung 14, 15 für die Regelung der Frästiefe ausschließen könnte, auf den Einsatz der rechten Frästiefenregelung soll aber verzich- tet werden, da die Landebahn auf der rechten Seite der zweiten Bodenbearbeitungsmaschine Schäden aufwei- set, so dass deren Oberfläche auf der rechten Seite nicht als Referenzfläche dienen kann. Folglich soll für die zweite Maschine 1' die unter Bezugnahme auf die Figu- ren 3, 4 und 6, 7 beschriebene Querneigungsregelung vorgesehen sein.

**[0072]** Die erste Bodenbearbeitungsmaschine 1 von Fig. 8 unterscheidet sich von der unter Bezugnahme auf die Figuren 3, 4 und 6, 7 beschriebenen Bodenbearbei- tungsmaschine durch eine in Fig. 2 gezeigte Quernei- gungsmodell-Übermittlungseinrichtung 18, die eine Da- tensendeeinrichtung 18A aufweist, wobei die Datensen- deeinrichtung 18A derart ausgebildet ist, dass das Quer- neigungsmodell an eine Datenempfangseinrichtung 18B einer in einer anderen Frässpur fahrenden anderen Bo- denbearbeitungsmaschine gesendet wird. Die zweite Bodenbearbeitungsmaschine 1' von Fig. 8 unterscheidet sich von der Bodenbearbeitungsmaschine von den Fi- guren 3, 4 und 6, 7 durch eine Querneigungsmodell- Übermittlungseinrichtung 18, die eine Datenempfangs- einrichtung 18B aufweist, welche derart ausgebildet ist, dass das Querneigungsmodell einer in einer anderen Frässpur fahrenden anderen Bodenbearbeitungsmas- chine 1 empfangen wird. Es ist aber auch möglich, dass beide Bodenbearbeitungsmaschinen 1, 1' sowohl über eine Datensendeeinrichtung als auch eine Datenemp- fangseinrichtung verfügen. Die unter Bezugnahme auf die Figuren 3, 4 und 6, 7 beschriebene Bodenbearbei- tungsmaschine kann auch über eine Datensendeeinrich- tung und/oder Datenempfangseinrichtung verfügen, was in Fig. 2 dargestellt ist, so dass diese Bodenbearbei- tungsmaschine universell einsetzbar ist. Die Datensen- de- und Datenempfangseinrichtung können eine Sende- und Empfangseinrichtung sein, die einen Funksender und Funkempfänger umfassen können, die direkt mitein- ander kommunizieren. Die Datensendeeinrichtung kann aber auch die betreffenden Daten an eine Cloud senden und die Datenempfangseinrichtung Daten von einer Cloud empfangen. Datensende- und Datenempfangs- einrichtung können auch über ein WLAN (Wireless Local Area Network) miteinander kommunizieren.

**[0073]** Während des Vorschubs der beiden Bodenbe- arbeitungsmaschinen 1, 1' sendet die erste Maschine 1

das in dem vorausgehenden Streckenabschnitt zuvor ermittelte Querneigungsmodell, das die Querneigung  $\alpha$  in dem Streckenabschnitt beschreibt, der die zweite Bodenbearbeitungsmaschine 1' betrifft, an die zweite Bodenbearbeitungsmaschine 1'. Während des Vorschubs der beiden Bodenbearbeitungsmaschinen 1, 1' wird das von der ersten Bodenbearbeitungsmaschine 1 ermittelte Querneigungsmodell mit der Datensendeinrichtung 18A gesendet und von der Datenempfangseinrichtung 18B der zweiten Bodenbearbeitungsmaschine 1' empfangen, wobei die zweite Bodenbearbeitungsmaschine 1' die Querneigungsregelung auf der Grundlage des zuvor ermittelten Querneigungsmodells durchführt, wie unter Bezugnahme auf die Figuren 3, 4 und 6, 7 beschrieben ist. Die erste Bodenbearbeitungsmaschine 1 kann das Querneigungsmodell auch an weitere in Fig. 8 nicht dargestellte Bodenbearbeitungsmaschinen senden, so dass die Bearbeitung der Landebahn mit mehr als zwei Bodenbearbeitungsmaschinen gleichzeitig erfolgen kann.

**[0074]** Bei dem Ausführungsbeispiel von Fig. 8 ist die in Arbeitsrichtung linke und rechte Abstands-Messeinrichtung der ersten Bodenbearbeitungsmaschine 1 nicht Teil des linken bzw. rechten Kantenschutzes, sondern zur Abstandsmessung ist auf beiden Seiten ein als Multiplex-Nivelliersystem 19, 20 bekanntes Messsystem vorgesehen, welches auf der linken bzw. rechten Seite der Maschine über mehrere in Längsrichtung des bearbeiteten Untergrundes im Abstand zueinander angeordnete Abstandssensoren 19A, 19B, 19C bzw. 20A, 20B, 20C verfügt, um aus den Messwerten der einzelnen Sensoren einen Mittelwert berechnen zu können. Das Multiplex-Nivelliersystem kann einen vorderen Abstandssensor 19A, 20A, einen mittleren Abstandssensor 19B, 20B und einen hinteren Abstandssensor 19C, 20C umfassen. Die Abstandssensoren können an Auslegern befestigt sein, die an einer Seite des Maschinenrahmens 3 angebracht sind.

**[0075]** Die zweite Bodenbearbeitungsmaschine 1' verfügt nur über eine in Arbeitsrichtung linke Abstands-Messeinrichtung 14, da eine rechte Abstands-Messeinrichtung wegen der erfindungsgemäße Querneigungsregelung auf der Grundlage des Querneigungsmodells obsolet ist. Die linke Abstands-Messeinrichtung 14 kann von dem linken Kantenschutz 12 Gebrauch machen, wie unter Bezugnahme auf die Figuren 3, 4 und 6, 7 beschrieben ist.

**[0076]** Wenn die Verkehrsfläche mit mehr als zwei Bodenbearbeitungsmaschinen bearbeitet wird, muss das TIN-Modell einen ausreichenden breiten Abschnitt der Verkehrsfläche abdecken. Mit einer ersten Bodenbearbeitungsmaschine kann in einem vorausgehenden Arbeitsprozess beispielsweise die für die Durchführung eines dem vorausgehenden Arbeitsprozess nachfolgenden Arbeitsprozess mit einer oder mehreren Bodenbearbeitungsmaschinen erforderlichen Informationen bezüglich der einzustellenden Querneigung  $\alpha$  bereitstellen.

**[0077]** Fig. 9 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem

eine Verkehrsfläche mit mehreren Bodenbearbeitungsmaschinen 1, 1', 1" gleichzeitig bearbeitet wird. Die in einer mittleren Frässpur II vorausfahrende, erste Bodenbearbeitungsmaschine 1' wird im Querneigungs-Aufzeichnungsmodus betrieben, wobei das Querneigungsmodell jeweils einen Abschnitt der Verkehrsfläche auf der in Arbeitsrichtung linken und rechten Seite der mittleren Frässpur II abdeckt. Die erste Bodenbearbeitungsmaschine 1 ist die Pilotmaschine. Der ersten Bodenbearbeitungsmaschine 1 folgt auf der in Arbeitsrichtung linken Seite eine zweite Bodenbearbeitungsmaschine 1' (Frässpur I) und auf der rechten Seite eine dritte Bodenbearbeitungsmaschine 1" (Frässpur III). Die zweite und dritte Bodenbearbeitungsmaschine 1', 1" sind Tochtermaschinen, die im Querneigungs-Steuerungsmodus auf der Grundlage des mit der ersten Bodenbearbeitungsmaschine 1 ermittelten Querneigungsmodells betrieben werden.

**[0078]** Fig. 10 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem die in einer äußeren Frässpur I vorausfahrende, erste Bodenbearbeitungsmaschine 1 im Querneigungs-Aufzeichnungsmodus betrieben wird, wobei das Querneigungsmodell einen Abschnitt der Verkehrsfläche auf der in Arbeitsrichtung rechten Seite der äußeren Frässpur I abdeckt. Die erste Bodenbearbeitungsmaschine 1 ist die Pilotmaschine. Der ersten Bodenbearbeitungsmaschine folgt auf der in Arbeitsrichtung rechten Seite in einer zweiten Frässpur II eine zweite Bodenbearbeitungsmaschine 1', wobei der zweiten Bodenbearbeitungsmaschine 1' auf der in Arbeitsrichtung rechten Seite in einer dritten Frässpur III eine dritte Bodenbearbeitungsmaschine 1" folgt. Die zweite Bodenbearbeitungsmaschine 1' wird im Querneigungs-Steuerungsmodus auf der Grundlage des mit der ersten Bodenbearbeitungsmaschine 1 für die zweite Frässpur II ermittelten Querneigungsmodells betrieben. Folglich ist die zweite Bodenbearbeitungsmaschine 1' eine Tochtermaschine der ersten Maschine 1. Die zweite Bodenbearbeitungsmaschine 1' kann gleichzeitig eine Pilotmaschine für die dritte Bodenbearbeitungsmaschine 1" sein, wenn die zweite Maschine 1' gleichzeitig im Querneigungs-Aufzeichnungsmodus und die dritte Maschine 1" im Querneigungs-Steuerungsmodus betrieben wird. Die zweite Maschine 1' stellt dann für die dritte Maschine 1" ein Querneigungsmodell bereit, welches die dritte Frässpur III abdeckt.

**[0079]** Fig. 11 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem eine Verkehrsfläche mit mehreren Bodenbearbeitungsmaschinen gleichzeitig bearbeitet wird. Die in einer äußeren Frässpur I vorausfahrende, erste Bodenbearbeitungsmaschine 1 wird im Querneigungs-Aufzeichnungsmodus betrieben, wobei das Querneigungsmodell einen Abschnitt der Verkehrsfläche auf der in Arbeitsrichtung rechten Seite der äußeren Frässpur I abdeckt. Die erste Bodenbearbeitungsmaschine 1' ist die Pilotmaschine. Der ersten Bodenbearbeitungsmaschine 1 folgt auf der in Arbeitsrichtung rechten Seite in einer zweiten Frässpur II eine zweite Bodenbearbeitungsmaschine 1'.

schine 1', wobei der zweiten Bodenbearbeitungsmaschine auf der in Arbeitsrichtung rechten Seite in einer dritten Frässpur III eine dritte Bodenbearbeitungsmaschine 1" folgt. Die zweite und dritte Bodenbearbeitungsmaschine 1', 1" sind Tochtermaschinen, die im Querneigungs-Steuerungsmodus auf der Grundlage des mit der ersten Bodenbearbeitungsmaschine 1 ermittelten Querneigungsmodells betrieben werden.

**[0080]** Fig. 12 zeigt in der Draufsicht eine Straße, die einen geraden Abschnitt aufweist, welcher in eine Kurve übergeht, wobei die Straße von einer Bodenbearbeitungsmaschine 1 bearbeitet wird. In Fig. 12 ist die rechte Fahrbahn der Straße dargestellt, auf welcher sich die Bodenbearbeitungsmaschine 1 bewegt. Die Bodenbearbeitungsmaschine 1 ist eine der unter Bezugnahme auf die vorausgehenden Figuren beschriebene Maschine. Die einzelnen Teile sind in Fig. 12 mit denselben Bezugszeichen wie in den vorausgehenden Figuren versehen. Die Bodenbearbeitungsmaschine 1 bearbeitet die in Arbeitsrichtung linke Hälfte 8I der rechten Fahrbahn (linke Frässpur). Während sich die Bodenbearbeitungsmaschine 1 in Arbeitsrichtung bewegt, wird das TIN-Modell für die rechte Hälfte 8II der rechten Fahrbahn (rechte Frässpur) ermittelt. Fig. 12 zeigt, wie sich die Dreiecke  $D_{11}$ ,  $D_{12}$ ,  $D_{21}$ ,  $D_{22}$ ,  $D_{31}$ ,  $D_{32}$ ,  $D_{41}$ ,  $D_{42}$ , ...,  $D_{1n}$ ,  $D_{2n}$  des TIN-Modells beim Übergang von dem geraden Abschnitt in die Kurve verändern. Es zeigt sich, dass die Form der Dreiecke von dem Radius der Kurve bestimmt wird. Die querverlaufenden Schenkel benachbarter Dreiecke verlaufen im Bereich der Kurve nicht mehr parallel zueinander, da sich deren Verlängerungen in einem Punkt schneiden, der außerhalb der strichpunktieren Linie liegt. In Abhängigkeit von dem auf der Grundlage des TIN-Modells ermittelten Querneigungs-Werten kann eine andere Bodenbearbeitungsmaschine dann die rechte Hälfte 8II der rechten Fahrbahn (rechte Frässpur) bearbeiten.

## Patentansprüche

1. Selbstfahrende Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschine, aufweisend:

einen von Laufwerken (4, 5, 6, 7) getragenen Maschinenrahmen (3) und eine an dem Maschinenrahmen angeordnete Bodenbearbeitungseinrichtung (10), insbesondere Fräswalze, den Laufwerken (4, 5, 6, 7) zugeordnete Hubeinrichtungen (4A, 5A, 6A, 7A), die ausgebildet sind, um zum Absenken oder Anheben des Maschinenrahmens (3) gegenüber dem Boden eingefahren oder ausgefahren zu werden, und eine Steuereinrichtung (16), die derart konfiguriert ist, dass Steuersignale für die Hubeinrichtungen (4A, 5A, 6A, 7A) erzeugt werden, wobei die Hubeinrichtungen (4A, 5A, 6A, 7A) derart ausgebildet sind, dass die Laufwerke (4, 5, 6, 7) in Abhängigkeit von den Steuersignalen einge-

fahren oder ausgefahren werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (16) eine Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung (17) aufweist, wobei die Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung (17) umfasst:

einen Querneigungssensor (17A), der derart ausgebildet ist, dass beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine eine Folge von die Querneigung des bearbeiteten Bodens in einer zur Arbeitsrichtung (A) quer verlaufenden Richtung beschreibende Querneigungs-Werte ermittelt werden, eine Auswerteeinrichtung (17B), die derart ausgebildet ist, dass aus der Folge der Querneigungs-Werte ein die Querneigung beschreibendes Querneigungsmodell erstellt wird, und

eine Speichereinrichtung (17C), die derart konfiguriert ist, dass das Querneigungsmodell gespeichert wird, wobei die Steuereinrichtung (16) derart konfiguriert ist, dass die Steuereinrichtung (16) einen Querneigungs-Aufzeichnungsmodus vorsieht, in dem mit dem Querneigungssensor (17A) beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine Querneigungs-Werte ermittelt werden, und mit der Auswerteeinrichtung (17B) aus den Querneigungs-Werten ein Querneigungsmodell erstellt wird und das Querneigungsmodell in der Speichereinrichtung (17C) gespeichert wird, und

die Steuereinrichtung (16) derart konfiguriert ist, dass die Steuereinrichtung (16) einen Querneigungs-Steuerungsmodus vorsieht, in dem die Steuerung zumindest einer der Hubeinrichtungen (4A, 5A, 6A, 7A) zumindest in Abhängigkeit von den Querneigungs-Werten, die auf der Grundlage des aus der Speichereinrichtung (17C) ausgelesenen Querneigungsmodells ermittelt werden, erfolgt.

2. Selbstfahrende Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschine, aufweisend:

einen von Laufwerken getragenen Maschinenrahmen (3) und eine an dem Maschinenrahmen angeordnete Bodenbearbeitungseinrichtung (10), insbesondere Fräswalze, den Laufwerken (4, 5, 6, 7) zugeordnete Hubeinrichtungen (4A, 5A, 6A, 7A), die ausgebildet sind, um zum Absenken oder Anheben des Maschinenrahmens gegenüber dem Boden eingefahren oder ausgefahren zu werden, und eine Steuereinrichtung (16), die derart konfigu-

riert ist, dass Steuersignale für die Hubeinrichtungen (4A, 5A, 6A, 7A) erzeugt werden, wobei die Hubeinrichtungen (4A, 5A, 6A, 7A) derart ausgebildet sind, dass die Laufwerke (4, 5, 6, 7) in Abhängigkeit von den Steuersignalen eingefahren oder ausgefahren werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (16) eine Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung (17) aufweist, wobei die Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung (17) umfasst:

einen Querneigungssensor (17A), der derart ausgebildet ist, dass beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine eine Folge von die Querneigung des bearbeiteten Bodens in einer zur Arbeitsrichtung (A) quer verlaufenden Richtung beschreibende Querneigungs-Werte ermittelt werden, eine Auswerteeinrichtung (17B), die derart ausgebildet ist, dass aus der Folge der Querneigungs-Werte ein die Querneigung beschreibendes Querneigungsmodell erstellt wird,

eine Querneigungsmodell-Übermittlungseinrichtung (18), die eine Datensendeeinrichtung (18A) aufweist, wobei die Datensendeeinrichtung (18A) derart ausgebildet ist, dass das Querneigungsmodell an eine Datenempfangseinrichtung einer anderen Bodenbearbeitungsmaschine oder an eine Cloud gesendet wird, und eine Datenempfangseinrichtung (18B) aufweist, wobei die Datenempfangseinrichtung (18B) derart ausgebildet ist, dass ein Querneigungsmodell von einer Datensendeeinrichtung einer anderen Bodenbearbeitungsmaschine oder von einer Cloud empfangen wird, wobei

die Steuereinrichtung (16) derart konfiguriert ist, dass die Steuereinrichtung (16) einen Querneigungs-Aufzeichnungsmodus vorsieht, in dem mit dem Querneigungssensor (17A) beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine Querneigungs-Werte ermittelt werden, und mit der Auswerteeinrichtung (17B) aus den Querneigungs-Werten ein Querneigungsmodell erstellt wird und das Querneigungsmodell an eine Datenempfangseinrichtung einer anderen Bodenbearbeitungsmaschine oder an eine Cloud gesendet wird, und die Steuereinrichtung (16) derart konfiguriert ist, dass die Steuereinrichtung (16) einen Querneigungs-Steuerungsmodus vorsieht, in dem beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine die Steuerung zumindest einer der Hubeinrichtungen (7A) zu-

mindest in Abhängigkeit von den Querneigungs-Werten, die auf der Grundlage des von einer Datenempfangseinrichtung einer anderen Bodenbearbeitungsmaschine oder einer Cloud empfangenen Querneigungsmodells, ermittelt werden, erfolgt.

3. Selbstfahrende Bodenbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (16) eine erste Messeinrichtung (14) zum Messen des Abstandes eines Referenzpunktes (RL) an der Bodenbearbeitungsmaschine zu der Oberfläche (8) des nicht bearbeiteten Bodens auf der in Arbeitsrichtung (A) einen Seite der Bodenbearbeitungseinrichtung und eine zweite Messeinrichtung (15) zum Messen des Abstandes eines Referenzpunktes (RR) an der Bodenbearbeitungsmaschine zu der Oberfläche (8) des nicht bearbeiteten Bodens auf der in Arbeitsrichtung (A) anderen Seite der Bodenbearbeitungseinrichtung aufweist.
4. Selbstfahrende Bodenbearbeitungsmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (16) derart konfiguriert ist, dass in dem Querneigungs-Aufzeichnungsmodus die Hubeinrichtungen (4A, 5A, 6A, 7A) derart angesteuert werden, dass beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine die mit der ersten Messeinrichtung (14) erfasste Frästiefe an der in Arbeitsrichtung (A) einen Seite der Bodenbearbeitungseinrichtung und die mit der zweiten Messeinrichtung (15) erfasste Frästiefe an der in Arbeitsrichtung (A) anderen Seite der Bodenbearbeitungseinrichtung unabhängig von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche im Wesentlichen konstant gehalten wird.
5. Selbstfahrende Bodenbearbeitungsmaschine nach Anspruch 4, dass die Bodenbearbeitungsmaschine in Arbeitsrichtung (A) ein vorderes Laufwerk (4) auf der in Arbeitsrichtung (A) einen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine, welchem eine vordere Hubeinrichtung (4A) auf der in Arbeitsrichtung (A) einen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine zugeordnet ist, ein vorderes Laufwerk (5) auf der in Arbeitsrichtung (A) anderen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine, welchem eine vordere Hubeinrichtung (5A) auf der in Arbeitsrichtung (A) anderen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine zugeordnet ist, ein hinteres Laufwerk (6) auf der in Arbeitsrichtung (A) einen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine, welchem eine hintere Hubeinrichtung (6A) auf der in Arbeitsrichtung (A) einen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine zugeordnet ist, und ein hinteres Laufwerk (7) auf der in Arbeitsrichtung (A) anderen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine, welchem eine hintere Hubeinrichtung (7A) auf der in Arbeitsrichtung (A) anderen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine zuge-

- ordnet ist, aufweist, wobei die Steuereinrichtung (16) derart konfiguriert ist, dass in dem Querneigungs-Steuerungsmodus zumindest die vordere oder hintere Hubeinrichtung (7A) auf der in Arbeitsrichtung (A) einen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine derart angesteuert wird, dass beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine die Frästiefe, die mit der Messeinrichtung (14) in Arbeitsrichtung (A) auf der einen Seite erfasst wird, unabhängig von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche im Wesentlichen konstant gehalten wird, wobei in dem Querneigungs-Steuerungsmodus zumindest die vordere oder hintere Hubeinrichtung (7A) auf der in Arbeitsrichtung (A) anderen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine zumindest in Abhängigkeit von den Querneigungs-Werten, die auf der Grundlage des Querneigungsmodells, ermittelt werden, derart angesteuert wird, dass der Maschinenrahmen (3) während des Vorschubs der Bodenbearbeitungsmaschine eine Querneigung ( $\alpha$ ) einnimmt, die der von dem Querneigungsmodell vorgegebenen Querneigung entspricht.
6. Selbstfahrende Bodenbearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Querneigungsmodell-Ermittlungseinrichtung (17) eine Positionsbestimmungseinrichtung (17D) aufweist, wobei die Steuereinrichtung (16) derart ausgebildet ist, dass zur Erstellung des Querneigungs-Modells aus den Querneigungs-Werten positionsbezogene Querneigungs-Werte ermittelt werden.
7. Selbstfahrende Bodenbearbeitungsmaschine nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die positionsbezogenen Querneigungs-Werte die Lage von Positionspunkten ( $P_{11}$ ,  $P_{12}$ ,  $P_{13}$ , ...  $P_{n1}$ ,  $P_{n2}$ ,  $P_{n3}$ ) beschreibende x-Koordinaten und y-Koordinaten, die mit der Positionsbestimmungseinrichtung (17D) ermittelt werden, und die mit dem Querneigungssensor (17A) an diesen Positionspunkten ermittelten Querneigungen ( $\alpha$ ) umfassen.
8. Selbstfahrende Bodenbearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und/oder zweite Messeinrichtung (14, 15) mindestens einen Abstandssensor aufweist, der ein taktiler Abstandssensor oder ein berührungsloser Abstandssensor ist.
9. Maschinenverbund von mehreren selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschinen nach Anspruch 2.
10. Verfahren zum Steuern einer selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschine, wobei die Bodenbearbeitungsmaschine einen von Laufwerken getragenen Maschinenrahmen und eine an dem Maschinenrahmen angeordnete Bodenbearbeitungseinrichtung, insbesondere Fräswalze, den Laufwerken zugeordnete Hubeinrichtungen zum Anheben und Absenken der Laufwerke gegenüber dem Maschinenrahmen und eine Steuereinrichtung zum Ansteuern der Hubeinrichtungen aufweist, wobei die Bodenbearbeitungsmaschine in aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen nebeneinander liegende Spuren bearbeitet werden, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- bei der Bearbeitung einer vorausgehenden Spur in einem Querneigungs-Aufzeichnungsmodus beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine eine Folge von die Querneigung des bearbeiteten Bodens in einer zur Arbeitsrichtung querverlaufenden Richtung beschreibende Querneigungs-Werte ermittelt werden, aus der Folge der Querneigungs-Werte ein die Querneigung beschreibendes Querneigungsmodell erstellt wird, und das Querneigungsmodell gespeichert wird, und
- bei der Bearbeitung einer der vorausgehenden Spur nachfolgenden Spur in einem Querneigungs-Aufzeichnungsmodus vorzusehen, in dem beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine eine Folge von die Querneigung des bearbeiteten Bodens in einer zur Arbeitsrichtung querverlaufenden Richtung beschreibende Querneigungs-Werte in einer Spur ermittelt werden, aus der Folge der Querneigungs-Werte ein die Querneigung beschreibendes Querneigungsmodell erstellt wird, und das Querneigungsmodell gespeichert wird, und die Steuerung der Bodenbearbeitungsmaschine einen Querneigungs-Steuerungsmodus vorzusehen, in dem beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine in einer anderen Spur als der Spur, in der die Querneigungs-Werte ermittelt worden sind, die Steuerung zumindest einer der Hubeinrichtungen zumindest in Abhängigkeit von den Querneigungs-Werten, die auf der Grundlage des gespeicherten Querneigungsmodells ermittelt werden, erfolgt.
11. Verfahren zum Bearbeiten eines Bodens mit einer selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschine, welche einen von Laufwerken getragenen Maschinenrahmen und eine an dem Maschinenrahmen angeordnete Bodenbearbeitungseinrichtung, insbesondere Fräswalze, den Laufwerken zugeordnete Hubeinrichtungen zum Anheben und Absenken der Laufwerke gegenüber dem Maschinenrahmen und eine Steuereinrichtung zum Ansteuern der Hubeinrichtungen aufweist, wobei mit der Bodenbearbeitungsmaschine in aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen nebeneinander liegende Spuren bearbeitet werden, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- bei der Bearbeitung einer vorausgehenden Spur in einem Querneigungs-Aufzeichnungsmodus beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine eine Folge von die Querneigung des bearbeiteten Bodens in einer zur Arbeitsrichtung querverlaufenden Richtung beschreibende Querneigungs-Werte ermittelt werden, aus der Folge der Querneigungs-Werte ein die Querneigung beschreibendes Querneigungsmodell erstellt wird, und das Querneigungsmodell gespeichert wird, und
- bei der Bearbeitung einer der vorausgehenden Spur nachfolgenden Spur in einem Querneigungs-Aufzeichnungsmodus vorzusehen, in dem beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine in einer anderen Spur als der Spur, in der die Querneigungs-Werte ermittelt worden sind, die Steuerung zumindest einer der Hubeinrichtungen zumindest in Abhängigkeit von den Querneigungs-Werten, die auf der Grundlage des gespeicherten Querneigungsmodells ermittelt werden, erfolgt.

- gungs-Steuerungsmodus beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine die Steuerung zumindest einer der Hubeinrichtungen zumindest in Abhängigkeit von den Querneigungs-Werten, die auf der Grundlage des gespeicherten Querneigungsmodells ermittelt werden, erfolgt.
12. Verfahren zum Bearbeiten eines Bodens nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung derart konfiguriert ist, dass in dem Querneigungs-Aufzeichnungsmodus die Hubeinrichtungen derart angesteuert werden, dass beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine die mit einer ersten Messeinrichtung erfasste Frästiefe, welche an der in Arbeitsrichtung einen Seite der Bodenbearbeitungseinrichtung angeordnet ist, und die mit einer zweiten Messeinrichtung erfasste Frästiefe, welche an der in Arbeitsrichtung anderen Seite der Bodenbearbeitungseinrichtung angeordnet ist, unabhängig von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche im Wesentlichen konstant gehalten wird.
13. Verfahren zum Bearbeiten eines Bodens nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bodenbearbeitungsmaschine in Arbeitsrichtung ein vorderes Laufwerk auf der in Arbeitsrichtung einen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine, welchem eine vordere Hubeinrichtung auf der in Arbeitsrichtung einen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine zugeordnet ist, ein vorderes Laufwerk auf der in Arbeitsrichtung anderen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine, welchem eine vordere Hubeinrichtung auf der in Arbeitsrichtung anderen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine zugeordnet ist, ein hinteres Laufwerk auf der in Arbeitsrichtung einen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine, welchem eine hintere Hubeinrichtung auf der in Arbeitsrichtung einen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine zugeordnet ist, und ein hinteres Laufwerk auf der in Arbeitsrichtung anderen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine, welchem eine hintere Hubeinrichtung auf der in Arbeitsrichtung anderen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine zugeordnet ist, aufweist, wobei in dem Querneigungs-Steuerungsmodus zumindest die vordere oder hintere Hubeinrichtung auf der in Arbeitsrichtung einen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine derart angesteuert wird, dass beim Vorschub der Bodenbearbeitungsmaschine die Frästiefe auf der einen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine unabhängig von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche im Wesentlichen konstant gehalten wird, wobei in dem Querneigungs-Steuerungsmodus zumindest die vordere oder hintere Hubeinrichtung auf der in Arbeitsrichtung anderen Seite der Bodenbearbeitungsmaschine zumindest in Abhängigkeit von den Querneigungs-Werten, die auf der Grundlage des gespeicherten Querneigungsmodells, ermittelt werden, derart angesteuert wird, dass der Maschinenrahmen während des Vorschubs der Bodenbearbeitungsmaschine eine Querneigung einnimmt, die der von dem Querneigungsmodell vorgegebenen Querneigung entspricht.
14. Verfahren zum Bearbeiten eines Bodens nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erstellung des Querneigungs-Modells aus den Querneigungswerten positionsbezogene Querneigungs-Werte ermittelt werden.
15. Verfahren zum Bearbeiten eines Bodens nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die positionsbezogenen Querneigungs-Werte die Lage von Positionspunkten ( $P_{11}$ ,  $P_{12}$ ,  $P_{13}$ , ...  $P_{n1}$ ,  $P_{n2}$ ,  $P_{n3}$ ) beschreibende x-Koordinaten und y-Koordinaten und die an diesen Positionspunkten ermittelten Querneigungen ( $\alpha$ ) umfassen.
16. Verfahren zum gleichzeitigen Bearbeiten eines Bodens mit einer ersten und einer zweiten selbstfahrenden Bodenbearbeitungsmaschine, insbesondere Straßenfräsmaschine, welche jeweils einen von Laufwerken getragenen Maschinenrahmen und eine an dem Maschinenrahmen angeordnete Bodenbearbeitungseinrichtung, insbesondere Fräswalze, den Laufwerken zugeordnete Hubeinrichtungen zum Anheben und Absenken der Laufwerke gegenüber dem Maschinenrahmen und eine Steuereinrichtung zum Ansteuern der Hubeinrichtungen aufweisen, wobei mit der ersten Bodenbearbeitungsmaschine eine erste Spur und mit der zweiten Bodenbearbeitungsmaschine eine zweite Spur gleichzeitig bearbeitet wird, welche nebeneinander liegen, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- bei der Bearbeitung einer ersten Spur in einem Querneigungs-Aufzeichnungsmodus beim Vorschub der ersten Bodenbearbeitungsmaschine eine Folge von die Querneigung des bearbeiteten Bodens in einer zur Arbeitsrichtung quer verlaufenden Richtung beschreibende Querneigungswerte ermittelt werden, aus der Folge der Querneigungswerte ein die Querneigung beschreibendes Querneigungsmodell erstellt wird, und das Querneigungsmodell an die zweite Bodenbearbeitungsmaschine übermittelt wird, und
- bei der Bearbeitung einer zweiten Spur mit der zweiten Bodenbearbeitungsmaschine in einem Querneigungs-Steuerungsmodus die Steuerung zumindest einer der Hubeinrichtungen zumindest in Abhängigkeit von den Querneigungswerten, die auf der Grundlage des von der ersten Bodenbearbeitungsmaschine empfangenen Querneigungsmodells ermittelt werden, erfolgt.

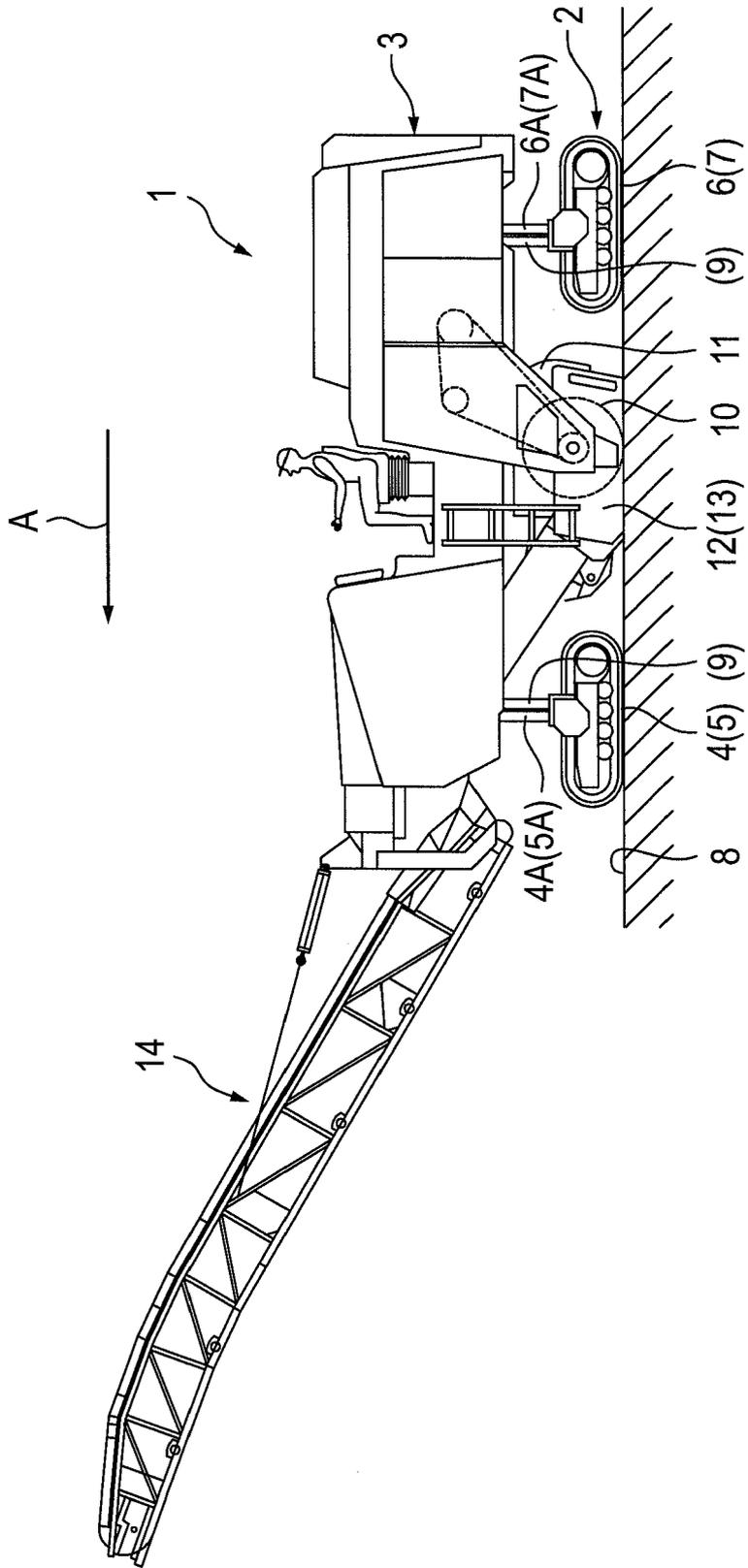


Fig. 1





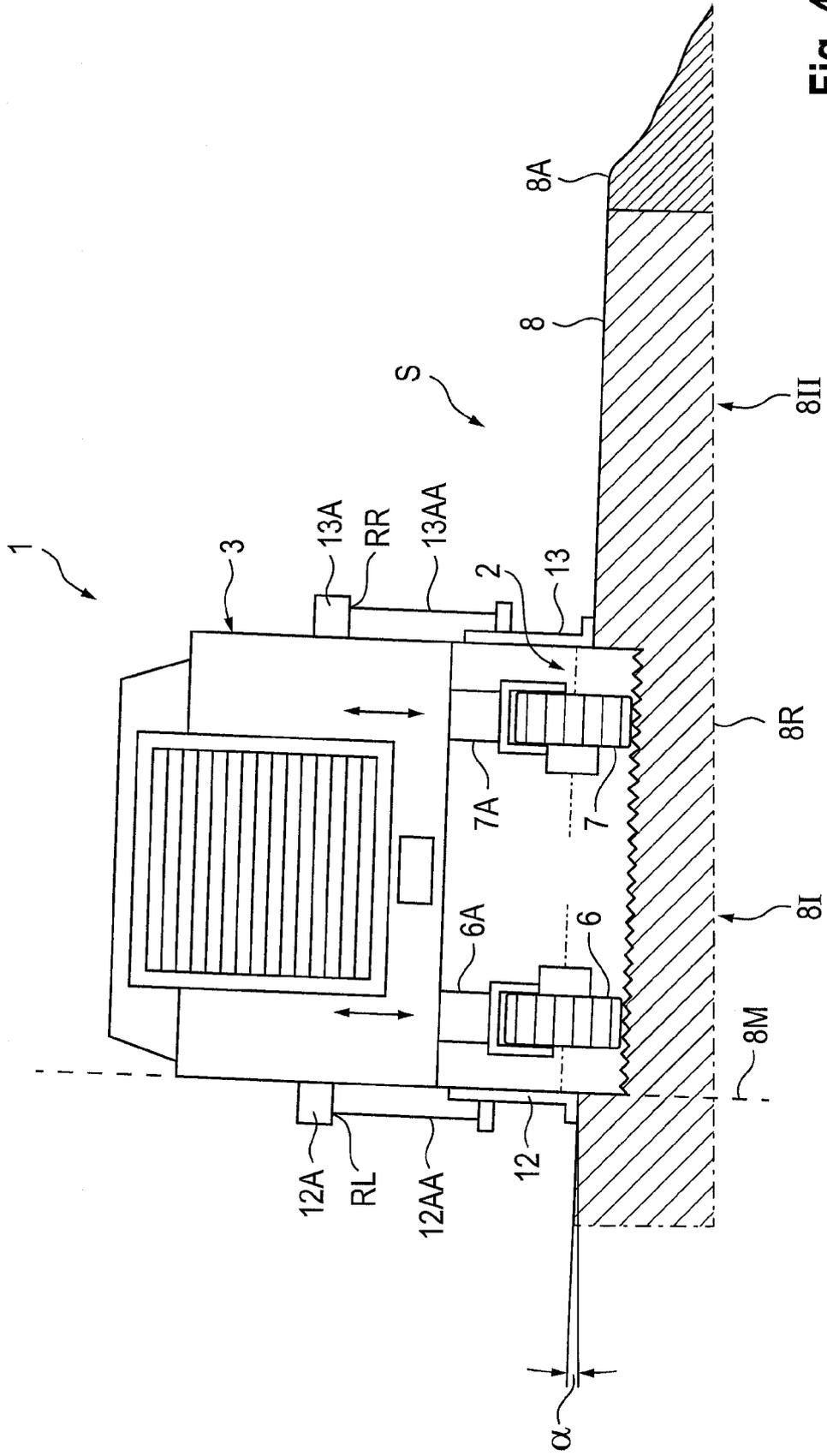
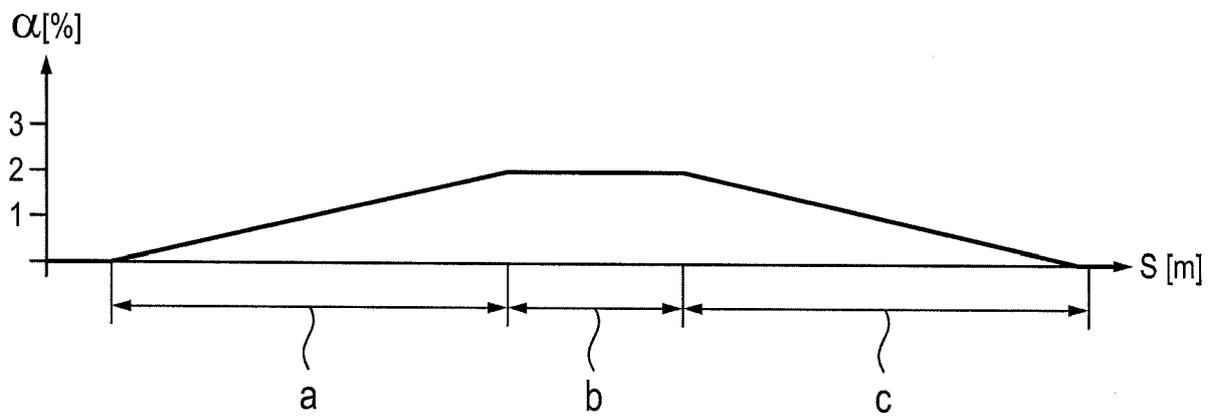


Fig. 4



**Fig. 5**

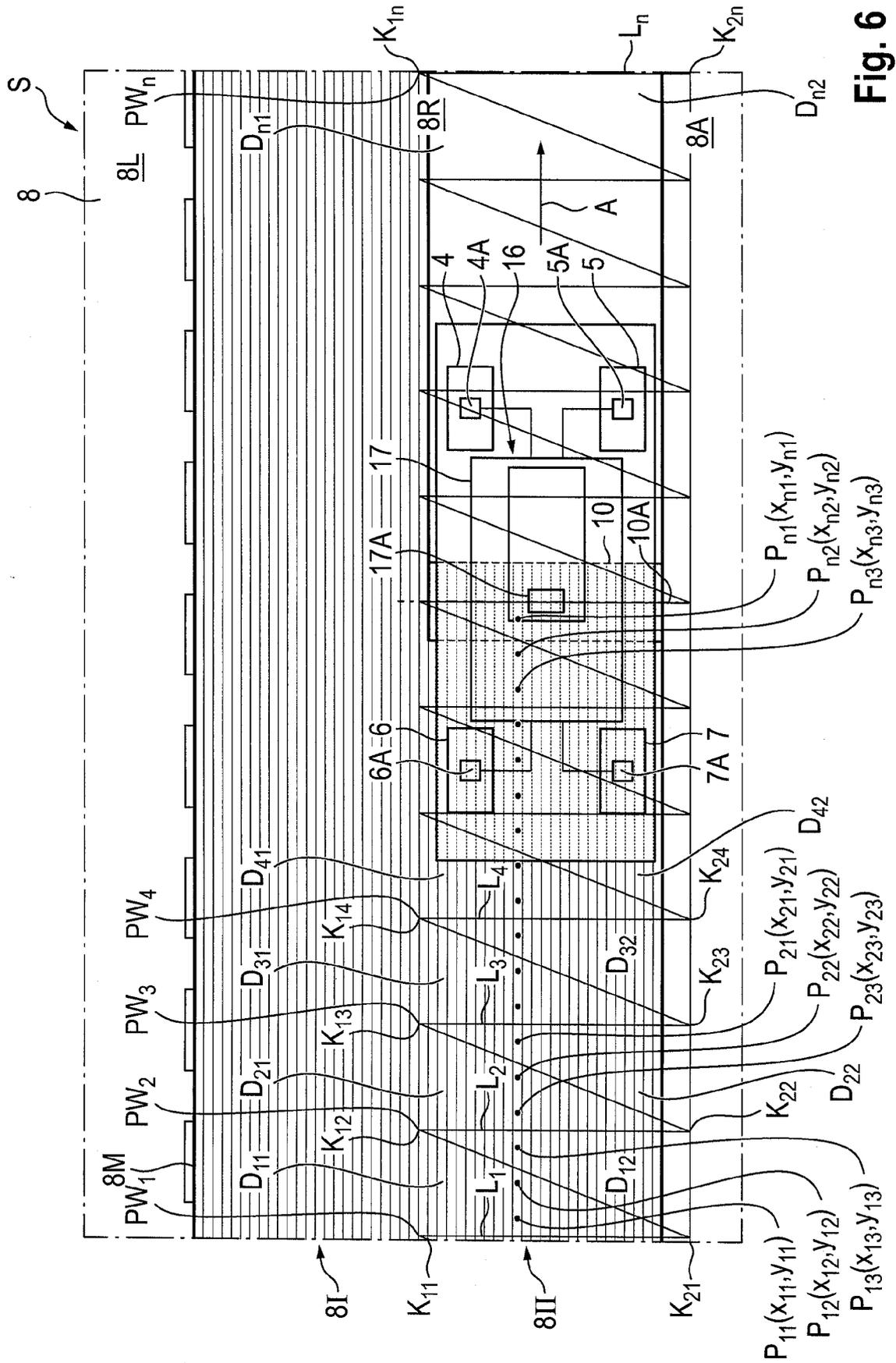


Fig. 6



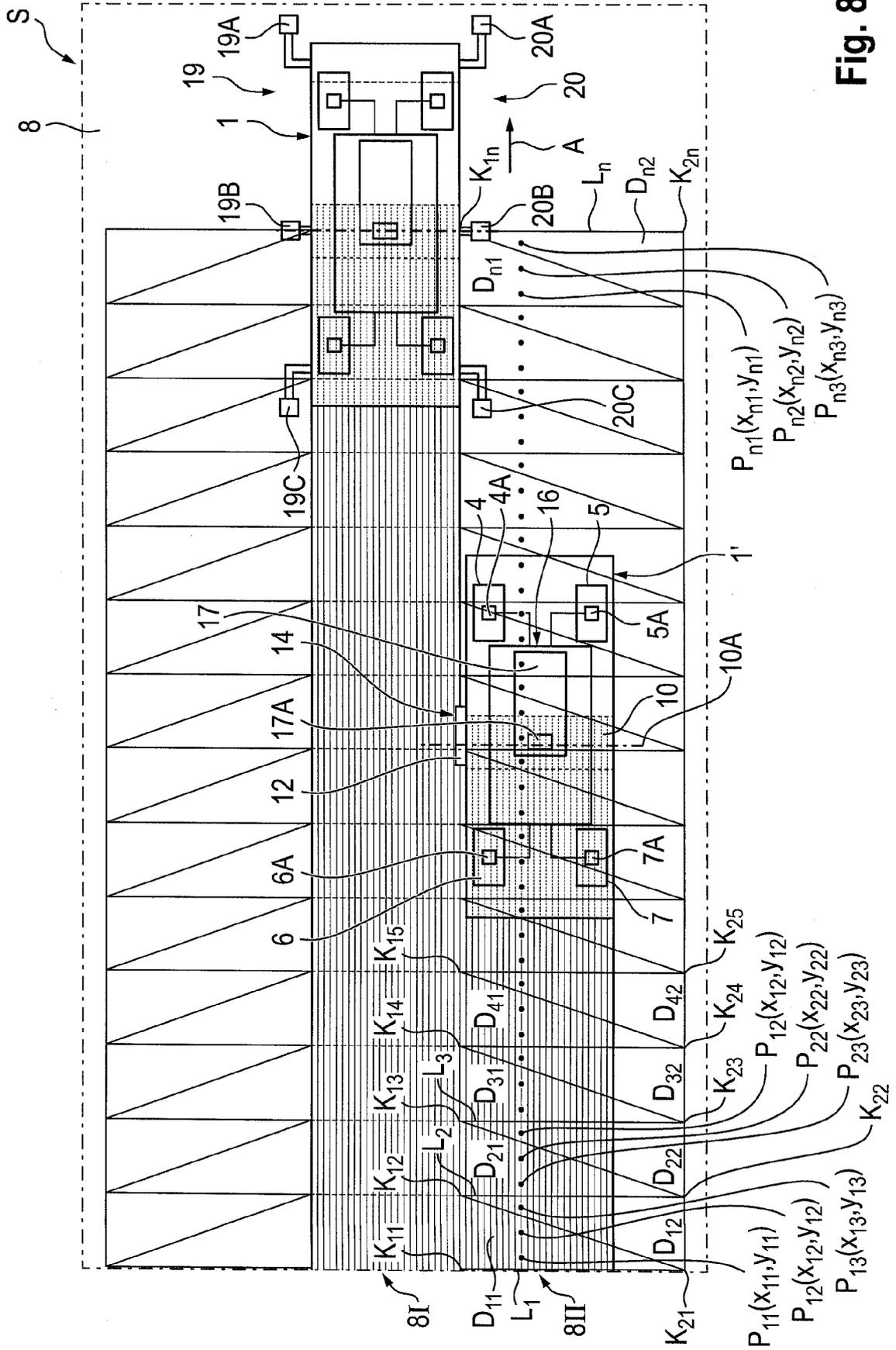


Fig. 8

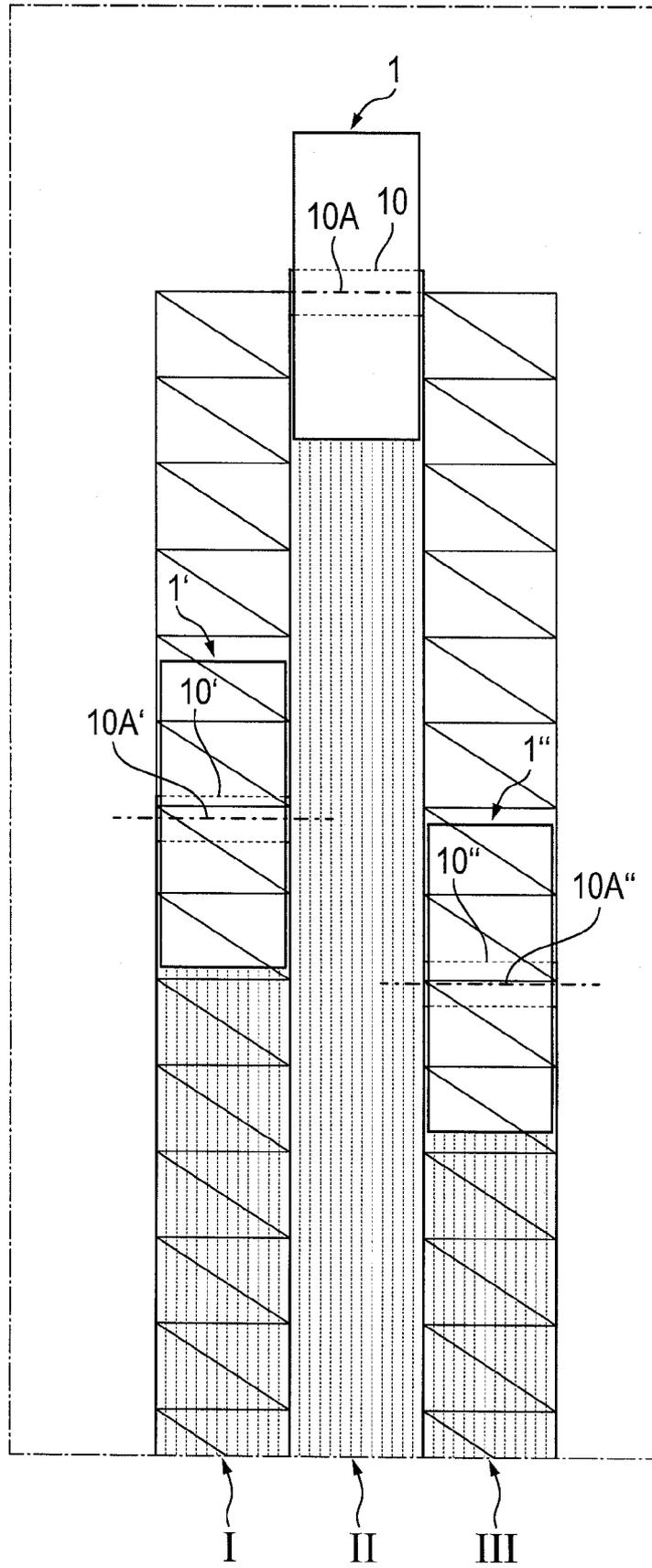


Fig. 9

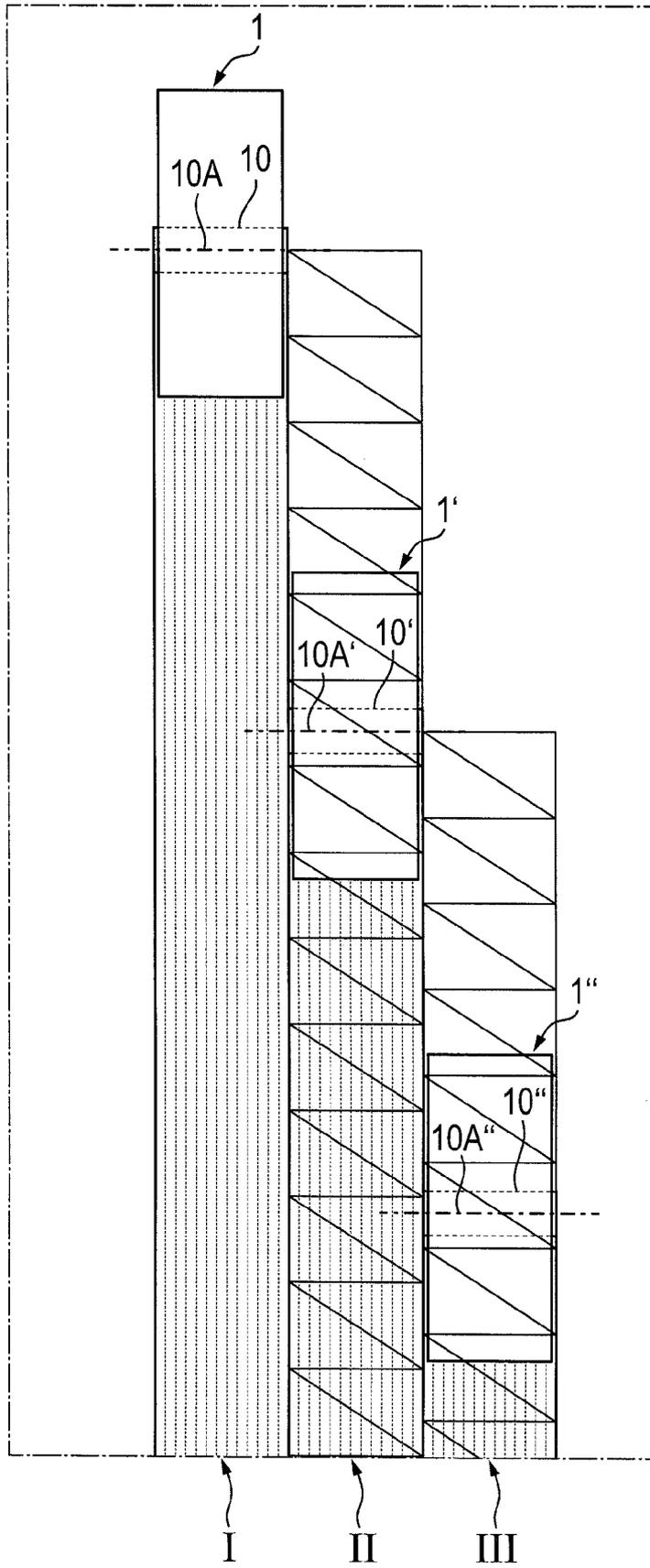


Fig. 10

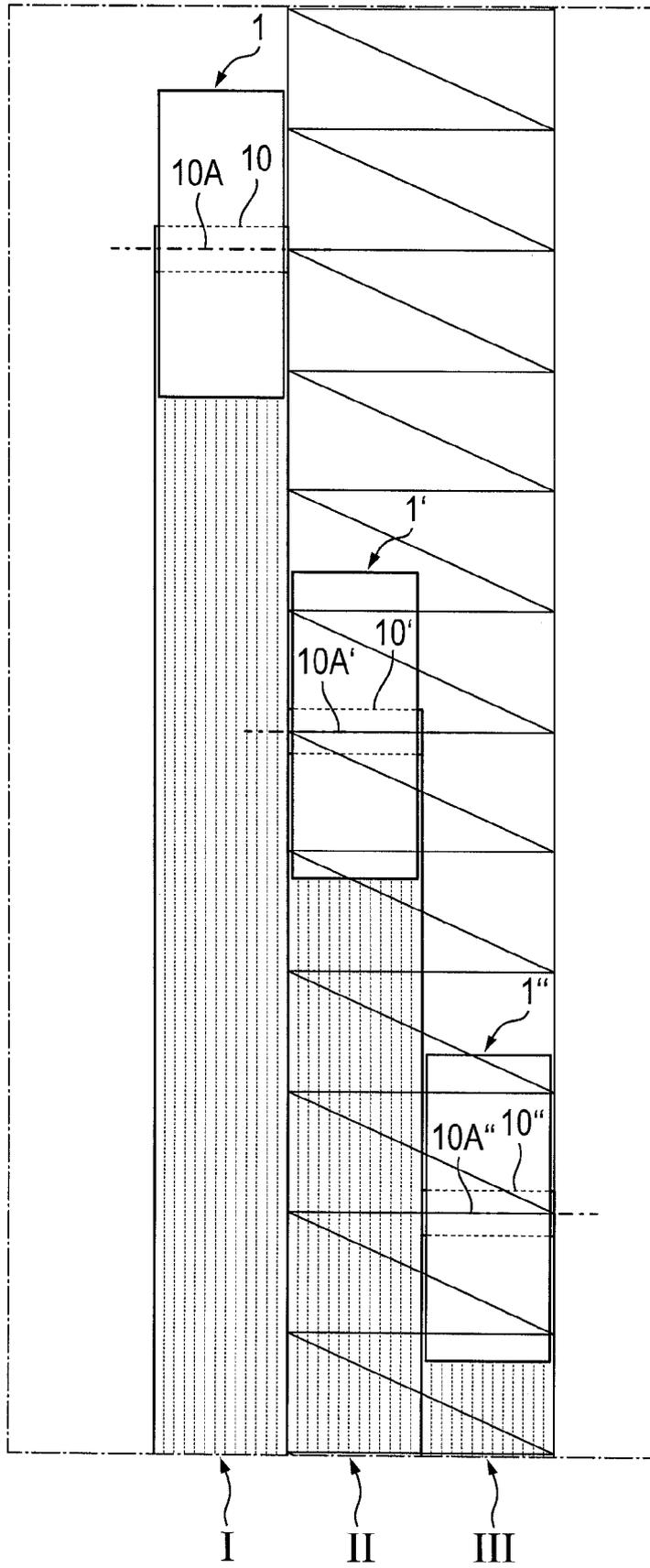


Fig. 11

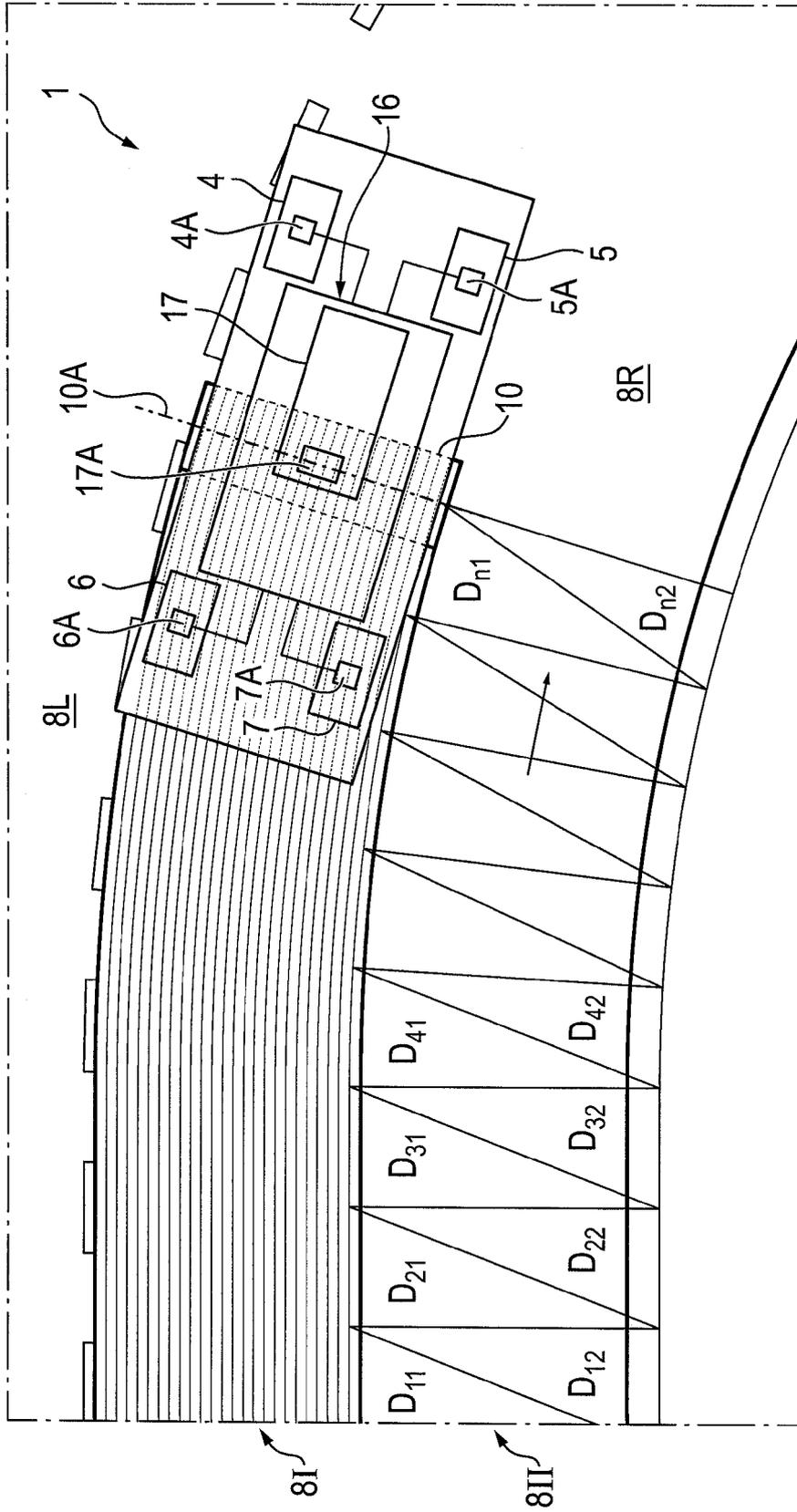


Fig. 12



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 17 2720

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
E	EP 4 249 680 A1 (WIRTGEN GMBH [DE]) 27. September 2023 (2023-09-27) * das ganze Dokument *	1	INV. E01C19/00 E01C23/088
X	DE 10 2018 127222 A1 (WIRTGEN GMBH [DE]) 30. April 2020 (2020-04-30) * das ganze Dokument *	10	
X	DE 10 2017 005015 A1 (WIRTGEN GMBH [DE]) 29. November 2018 (2018-11-29) * das ganze Dokument *	1-9	
X	DE 10 2019 135225 A1 (WIRTGEN GMBH [DE]) 24. Juni 2021 (2021-06-24) * das ganze Dokument *	1, 2, 11-15	
A, P	US 2022/290383 A1 (BUSCHMANN MARTIN [DE] ET AL) 15. September 2022 (2022-09-15) * das ganze Dokument *	1-15	
A	EP 3 040 477 A2 (WIRTGEN GMBH [DE]) 6. Juli 2016 (2016-07-06) * das ganze Dokument *	1-16	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	DE 197 56 676 C1 (WIRTGEN GMBH [DE]) 2. Juni 1999 (1999-06-02) * das ganze Dokument *	1-15	E01C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>24. Oktober 2023</b>	Prüfer <b>Kerouach, May</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 17 2720

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-10-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>EP 4249680 A1</b>	<b>27-09-2023</b>	<b>CN 116804319 A</b>	<b>26-09-2023</b>
		<b>DE 102022106808 B3</b>	<b>17-05-2023</b>
		<b>EP 4249680 A1</b>	<b>27-09-2023</b>
		<b>US 2023304235 A1</b>	<b>28-09-2023</b>
-----			
<b>DE 102018127222 A1</b>	<b>30-04-2020</b>	<b>CN 111119014 A</b>	<b>08-05-2020</b>
		<b>CN 211498400 U</b>	<b>15-09-2020</b>
		<b>DE 102018127222 A1</b>	<b>30-04-2020</b>
		<b>EP 3647494 A1</b>	<b>06-05-2020</b>
		<b>US 2020131722 A1</b>	<b>30-04-2020</b>
-----			
<b>DE 102017005015 A1</b>	<b>29-11-2018</b>	<b>CN 108930218 A</b>	<b>04-12-2018</b>
		<b>CN 208701480 U</b>	<b>05-04-2019</b>
		<b>DE 102017005015 A1</b>	<b>29-11-2018</b>
		<b>EP 3406799 A1</b>	<b>28-11-2018</b>
		<b>EP 3741914 A1</b>	<b>25-11-2020</b>
		<b>US 2018340302 A1</b>	<b>29-11-2018</b>
-----			
<b>DE 102019135225 A1</b>	<b>24-06-2021</b>	<b>CN 113005868 A</b>	<b>22-06-2021</b>
		<b>DE 102019135225 A1</b>	<b>24-06-2021</b>
		<b>EP 3839146 A1</b>	<b>23-06-2021</b>
		<b>US 2021189667 A1</b>	<b>24-06-2021</b>
		<b>US 2023086241 A1</b>	<b>23-03-2023</b>
-----			
<b>US 2022290383 A1</b>	<b>15-09-2022</b>	<b>BR 102022004393 A2</b>	<b>11-04-2023</b>
		<b>CN 115075097 A</b>	<b>20-09-2022</b>
		<b>CN 217869847 U</b>	<b>22-11-2022</b>
		<b>EP 4056758 A1</b>	<b>14-09-2022</b>
		<b>JP 2022140355 A</b>	<b>26-09-2022</b>
		<b>US 2022290383 A1</b>	<b>15-09-2022</b>
-----			
<b>EP 3040477 A2</b>	<b>06-07-2016</b>	<b>AU 2012266566 A1</b>	<b>19-12-2013</b>
		<b>AU 2016201762 A1</b>	<b>07-04-2016</b>
		<b>CN 102817304 A</b>	<b>12-12-2012</b>
		<b>CN 202688838 U</b>	<b>23-01-2013</b>
		<b>DE 102011106139 A1</b>	<b>13-12-2012</b>
		<b>EP 2718500 A1</b>	<b>16-04-2014</b>
		<b>EP 3040477 A2</b>	<b>06-07-2016</b>
		<b>JP 5779713 B2</b>	<b>16-09-2015</b>
		<b>JP 2014522456 A</b>	<b>04-09-2014</b>
		<b>US 2014244208 A1</b>	<b>28-08-2014</b>
		<b>US 2017293889 A1</b>	<b>12-10-2017</b>
		<b>US 2020034793 A1</b>	<b>30-01-2020</b>
		<b>US 2022051193 A1</b>	<b>17-02-2022</b>
<b>WO 2012168186 A1</b>	<b>13-12-2012</b>		

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

55

Seite 1 von 2

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 17 2720

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-10-2023

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19756676 C1	02-06-1999	DE 19756676 C1	02-06-1999
		EP 0964958 A1	22-12-1999
		JP 2001512543 A	21-08-2001
		US 6371566 B1	16-04-2002
		WO 9932726 A1	01-07-1999

15

20

25

30

35

40

45

50

EPO FORM P0461

55

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr. 12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102006020293 A1 **[0005]**
- DE 102014018082 A1 **[0010]**
- DE 19617442 C1 **[0041]**
- EP 1855899 A1 **[0041]**