



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 012 010.2**  
 (22) Anmeldetag: **22.12.2017**  
 (43) Offenlegungstag: **27.06.2019**

(51) Int Cl.: **G05D 1/00 (2006.01)**  
**G01C 21/04 (2006.01)**  
**G01S 17/46 (2006.01)**  
**G01S 19/42 (2010.01)**  
**E01C 19/00 (2006.01)**

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

(74) Vertreter:  
**OANDO Oppermann & Oppermann LLP, 65193  
 Wiesbaden, DE**

(72) Erfinder:  
**Barimani, Cyrus, Dr., 53639 Königswinter, DE;  
 Fritz, Matthias, 53773 Hennef, DE; Wagner, Stefan,  
 Dr., 53604 Bad Honnef, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

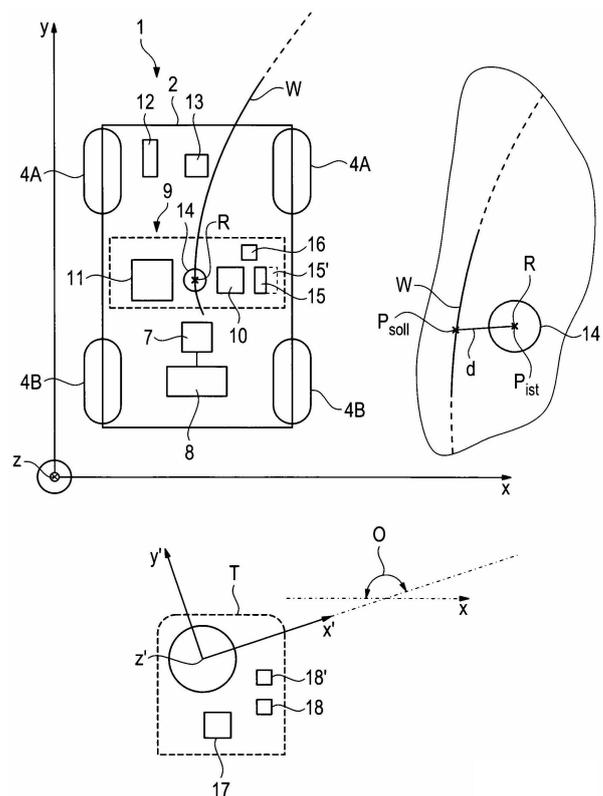
DE	10 2009 059 106	A1
EP	1 103 659	B1
EP	2 208 019	B1
EP	1 079 029	A2
EP	1 118 713	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Selbstfahrende Baumaschine und Verfahren zum Steuern einer selbstfahrenden Baumaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine selbstfahrende Baumaschine und ein Verfahren zum Steuern einer selbstfahrenden Baumaschine. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Baumaschinen-System mit einer selbstfahrenden Baumaschine 1 und einer Totalstation T. Die Baumaschine 1 verfügt über einen Maschinenrahmen 2 und eine Antriebseinrichtung 8 zum Antreiben der Baumaschine sowie eine Arbeitseinrichtung zum Verändern des Geländes. Darüber hinaus verfügt die Baumaschine über eine Positionsbestimmungs-Einrichtung 9 zur Bestimmung der Position  $(x_n, y_n, z_n)$  eines Referenzpunktes auf der Baumaschine in einem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem  $(X, Y, Z)$ . Die Positionsbestimmungs-Einrichtung 9 weist einen Navigationssatellitensystem-Empfänger 10 zum Empfangen von Satellitensignalen eines globalen Navigationssatellitensystems (GNSS) und eine Recheneinheit 11 auf. Die Steuerung der Baumaschine 1 erfolgt im Normalbetrieb unter Verwendung des globalen Navigationssatellitensystems (GNSS), so dass sich ein Referenzpunkt R auf der Baumaschine 1 entlang einer vorgegebenen Soll-Wegstrecke W bewegt. Darüber hinaus ist ein Totalstation-Steuerungsmodus vorgesehen, in dem die Steuerung der Baumaschine 1 ohne das GNSS nur unter Verwendung der Totalstation T auf der Grundlage der zuvor mit der Totalstation ermittelten Position des Standpunktes S und der Orientierung O der Totalstation T in dem von der Position der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem  $(X, Y, Z)$  und der ...



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine selbstfahrende Baumaschine und ein Verfahren zum Steuern einer selbstfahrenden Baumaschine. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Baumaschinen-System mit einer selbstfahrenden Baumaschine und einer Totalstation.

**[0002]** Die selbstfahrenden Baumaschinen zeichnen sich dadurch aus, dass sie über eine an einem Maschinenrahmen angeordnete Arbeitseinrichtung zur Errichtung von Baukörpern auf einem Gelände oder zum Verändern des Geländes verfügen. Zu den bekannten selbstfahrenden Baumaschinen gehören beispielsweise Straßenfräsmaschinen, Recycler, Gleitschalungsfertiger oder Straßenfertiger.

**[0003]** Bei den Straßenfräsmaschinen oder Recyclern umfasst die Arbeitseinrichtung eine mit Fräs- oder Schneidwerkzeugen bestückte Fräs-/Schneidwalze, mit der vom Gelände Material in einer vorgegebenen Arbeitsbreite abgetragen werden kann.

**[0004]** Bei der Arbeitseinrichtung von Gleitschalungsfertigern handelt es sich um eine Vorrichtung zum Formen von fließfähigem Material, insbesondere Beton, die nachfolgend als Betonmulde bezeichnet wird. Mit der Betonmulde können Baukörper unterschiedlicher Ausbildung, beispielsweise Leitwände oder Verkehrsinseln hergestellt werden.

**[0005]** Die bekannten Straßenfertiger verfügen über eine Einbaubohle zum Einbau des Materials für den Straßenbelag.

**[0006]** Die selbstfahrenden Baumaschinen verfügen weiterhin über eine Antriebseinrichtung zum Ausführen von translatorischen und/oder rotatorischen Bewegungen der Baumaschine in dem Gelände sowie eine Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Antriebseinrichtung.

**[0007]** Zur Errichtung von Baukörpern auf dem Gelände oder zum Verändern des Geländes wird bei selbstfahrenden Baumaschinen eine weitgehend automatische Steuerung der Baumaschine ohne nennenswerte Eingriffe des Fahrzeugführers angestrebt. Bei der automatischen Steuerung der Baumaschine wird die Antriebseinrichtung der Baumaschine derart gesteuert, dass sich ein Referenzpunkt auf der Baumaschine entlang einer vorgegebenen Soll-Wegstrecke, d. h. auf der Wegstrecke oder in einem vorgegebenen Abstand zur Wegstrecke bewegt, um einen Baukörper zu errichten oder das Gelände zu verändern. Dabei kann die Soll-Wegstrecke durch einzelne Segmente beschrieben werden, die Geraden oder Kurven sein können.

**[0008]** Ein bekanntes Verfahren zum Steuern von selbstfahrenden Baumaschinen setzt den Einsatz eines Leitdrahtes voraus, mit dem die Soll-Wegstrecke oder eine Äquidistante zu der Soll-Wegstrecke vorgegeben wird.

**[0009]** Selbstfahrende Baumaschinen können auch unter dem Einsatz einer Totalstation zur Positionsbestimmung oder eines Globalen Navigationssatellitensystems (GNSS) gesteuert werden. Für die automatische Steuerung der Baumaschine werden die Soll-Wegstrecke in dem Gelände beschreibende Daten ermittelt. Diese Daten können Koordinaten in einem von der Baumaschine unabhängigen zwei- oder dreidimensionalen Koordinatensystem sein. Die Ermittlung der Daten kann mit einem Computer in einem Büro abseits der Baustelle erfolgen. Während des Betriebs der Baumaschine erfolgt der permanente Abgleich zwischen der tatsächlichen Position der Baumaschine bzw. deren Arbeitseinrichtung, die mit dem GNS-System ermittelt wird, und der gewünschten Position, so dass sich die Baumaschine bzw. deren Arbeitseinrichtung entlang der Soll-Wegstrecke bewegt.

**[0010]** Bei einer Straßenfräsmaschine beispielsweise soll sich die Fräswalze entlang einer Soll-Wegstrecke bewegen, um mit einer vorgegebenen Arbeitsbreite und Frästiefe Material von der Geländeoberfläche abzutragen. Dabei ist nicht nur die Bewegung der Fräswalze in der Ebene, sondern auch die Einstellung der Höhe der Fräswalze in Bezug auf die Geländeoberfläche zu berücksichtigen.

**[0011]** Die Steuerung der Baumaschine mit einem GNS-System hat sich bewährt. Allerdings setzt diese Steuerung der Baumaschine den Empfang der Satellitensignale des GNS-Systems voraus. In der Praxis kann der Empfang der Satellitensignale gestört sein. Beispielsweise kann bei der Fahrt der Baumaschine unter einer Brücke hindurch oder in einen Tunnel hinein der Empfang des GNSS-Signals gestört sein, was zur Folge hat, dass mit dem GNSS die Position der Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satelliten-Koordinatensystem nicht mehr bestimmt werden kann. Dann ist die Steuerung der Baumaschine mit dem GNSS nicht mehr möglich.

**[0012]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine selbstfahrende Baumaschine zu schaffen, die sich entlang einer Soll-Wegstrecke mit großer Genauigkeit auch dann bewegen lässt, wenn der Empfang der Satellitensignale des GNS-Systems gestört sein sollte. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist, ein Verfahren anzugeben, mit dem sich eine selbstfahrende Baumaschine entlang einer Soll-Wegstrecke mit großer Genauigkeit auch dann bewegen lässt, wenn der Empfang der Satellitensignale des GNS-Systems gestört sein sollte. Der Erfindung liegt insbesondere die Aufgabe zugrunde, die Steuerung einer Bau-

maschine auch bei einer Störung des Empfangs der Satellitensignale des GNS-Systems sicherzustellen, so dass die Baumaschine nicht angehalten werden muss.

**[0013]** Die Lösung dieser Aufgaben erfolgt erfindungsgemäß mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche. Die Gegenstände der abhängigen Ansprüche betreffen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung.

**[0014]** Die erfindungsgemäße selbstfahrende Baumaschine verfügt über einen Maschinenrahmen und eine Antriebseinrichtung zum Antreiben der Baumaschine sowie eine am Maschinenrahmen angeordnete Arbeitseinrichtung zum Verändern des Geländes, beispielsweise eine Fräs- oder Schneidwalze, oder eine Arbeitseinrichtung zur Errichtung von Baukörpern auf einem Gelände, beispielsweise eine Betonmulde.

**[0015]** Unter einer Antriebseinrichtung werden nachfolgenden sämtliche Bauteile oder Baugruppen (Aggregate) der Baumaschine verstanden, die dem Fortbewegen der Baumaschine im Gelände dienen. Zu diesen Bauteilen oder Aggregaten zählen nicht nur die Laufwerke, beispielsweise Kettenlaufwerke oder Räder, auf denen die Baumaschine aufsteht, und die Einrichtungen zum Antreiben der Laufwerke, beispielsweise hydraulische Motoren oder ein Verbrennungsmotor, sondern auch Einrichtungen zur Höhenverstellung des Maschinenrahmens bzw. der Arbeitseinrichtung in Bezug auf die Geländeoberfläche, beispielsweise Hubsäulen, an denen die Laufwerke befestigt sind. Diese Bauteile oder Aggregate der Antriebseinrichtung der Baumaschine erlauben eine Bewegung eines Referenzpunktes auf der Baumaschine entlang einer Wegstrecke, d. h. auf der Wegstrecke oder in einem vorgegeben Abstand zu der Wegstrecke (Äquidistante). Diese Wegstrecke kann eine Trajektorie im Raum oder einer Ebene sein. Wenn die Trajektorie eine dreidimensionale Bahnkurve ist, können auch Höhenänderungen Berücksichtigung finden, beispielsweise die Einstellung der Höhe der Arbeitseinrichtung in Bezug auf die Geländeoberfläche.

**[0016]** Darüber hinaus verfügt die erfindungsgemäße Baumaschine über eine Positionsbestimmungseinrichtung zur Bestimmung der Position eines Referenzpunktes auf der Baumaschine in einem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem. Die Positionsbestimmungseinrichtung weist einen Navigationssatellitensystem-Empfänger zum Empfangen von Satellitensignalen eines globalen Navigationssatellitensystems (GNSS) und eine Recheneinheit auf, die derart konfiguriert ist, dass auf der Grundlage der Satellitensignale die Position eines Referenzpunktes (**R**) auf der Baumaschine beschreibende Navigationssatellitensystem-Posi-

tionsdaten in einem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (**X, Y, Z**) bestimmt werden.

**[0017]** Zur Ansteuerung der Antriebseinrichtung der Baumaschine ist eine Steuereinrichtung vorgesehen, die derart konfiguriert ist, dass sich ein Referenzpunkt (**R**) auf der Baumaschine entlang einer vorgegebenen Soll-Wegstrecke bewegt. Die Steuereinrichtung steuert die einzelnen Bauteile oder Aggregate der Antriebseinrichtung derart an, dass sich die Baumaschine entlang der vorgegebenen Wegstrecke bewegt, die beispielsweise durch kartesische Koordinaten in einem kartesischen Koordinatensystem oder Polarkoordinaten in einem Polarkoordinatensystem oder Richtungsangaben und eine Kilometrierung beschrieben werden kann. Die Steuereinrichtung kann Bestandteil einer zentralen Steuereinrichtung der Baumaschine sein, auf der ein Steuerungsprogramm läuft, um die einzelnen Bauteile oder Baugruppen der Baumaschine anzusteuern. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) enthalten, die einen Mikrocontroller umfassen kann.

**[0018]** Die Steuerung der Baumaschine erfolgt im Normalbetrieb unter Verwendung eines globalen Navigationssatellitensystems (**GNSS**), so dass sich der Referenzpunkt (**R**) auf der Baumaschine entlang einer vorgegebenen Soll-Wegstrecke mit hoher Genauigkeit bewegt. Die Steuerung der Baumaschine mit dem GNSS kann sowohl eine Steuerung in der Ebene als auch eine Höhensteuerung umfassen. Die Höhensteuerung kann aber auch unter Verwendung eines terrestrischen Systems (Totalstation) erfolgen. Die Steuerung der Baumaschine mit dem **GNSS** kann auch die Auswertung von Korrektursignalen einschließen, die von einer Basisstation empfangen werden. Derartige Steuerungen gehören zum Stand der Technik.

**[0019]** Die erfindungsgemäße Baumaschine sieht einen Steuerungsmodus vor, in dem die Steuerung der Baumaschine nicht auf der Grundlage der Satellitensignale des globalen Navigationssatellitensystems erfolgt. Dieser Steuerungsmodus wird nachfolgend als Totalstation-Steuerungsmodus bezeichnet.

**[0020]** Solange der Navigationssatellitensystem-Empfänger die Satellitensignale mit ausreichender Qualität empfängt, kann die Steuerung der Baumaschine allein unter Verwendung des **GNSS** erfolgen. Ansonsten kann die Steuerung der Baumaschine auch ohne das **GNSS** erfolgen, wobei diese Steuerung solange erfolgen kann bis die Satellitensignale wieder mit ausreichender Qualität empfangen werden. Die Steuerung der Baumaschine in dem Totalstation-Steuerungsmodus kann aber auch unabhängig von der Qualität der Satellitensignale erfolgen. In diesen Steuerungsmodus kann jederzeit umgeschaltet werden oder umgekehrt.

**[0021]** Die Positionsbestimmungs-Einrichtung der erfindungsgemäßen Baumaschine zeichnet sich durch einen Reflektor zur optischen Messung mittels einer Totalstation, welcher einen von der Totalstation ausgesandten Lichtstrahl reflektiert, und einen Totalstationsdaten-Empfänger zum Empfangen von Totalstationsdaten aus, die von einem Sender der Totalstation ausgesandt werden. Die Totalstation wird an einem Standpunkt im Umkreis der Baumaschine aufgestellt, so dass der Totalstationsdaten-Empfänger beim Vorschub der Baumaschine die Totalstationsdaten empfangen kann. Die Totalstationsdaten können die Position des Reflektors in einem auf die Totalstation bezogenen Koordinatensystem oder in einem von der Totalstation unabhängigen Koordinatensystem beschreibende Daten sein. Die Position des Reflektors kann mit der Totalstation durch Messung der Richtung und Entfernung bestimmt werden, wobei die Richtungsmessung die Messung des Horizontalwinkels und Vertikalwinkels umfassen kann. Folglich können die Totalstationsdaten Richtung und Entfernung des Reflektors beschreibende Daten sein. Die Totalstationsdaten können aber auch nur Richtung oder nur Position beschreibende Daten sein. Sämtliche Daten können von dem Totalstationsdaten-Empfänger empfangen und ausgewertet werden.

**[0022]** Darüber hinaus verfügt die Positionsbestimmungs-Einrichtung über eine Speichereinheit. Folglich können Navigationssatellitensystem-Positionsdaten, die beim Vorschub der Baumaschine an bestimmten Positionen der Baumaschine bzw. zu bestimmten Zeitpunkten ermittelt werden, wenn die Satellitensignale des globalen Navigationssatellitensystems empfangen werden, und Totalstationsdaten für eine weitere Auswertung gespeichert werden.

**[0023]** Die Recheneinheit der Positionsbestimmungs-Einrichtung ist derart konfiguriert, dass zur Vorbereitung eines Totalstation-Steuerungsmodus, in dem die Steuerung der Baumaschine nicht auf der Grundlage der Satellitensignale des globalen Navigationssatellitensystems erfolgen soll, die Position des Standpunktes und die Orientierung der Totalstation in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem aus den an unterschiedlichen Positionen der Baumaschine bestimmten Navigationssatellitensystem-Positionsdaten und aus Richtung und/oder Entfernung des Reflektors an den unterschiedlichen Positionen der Baumaschine beschreibenden Totalstationsdaten, die mit dem Totalstationsdaten-Empfänger empfangen werden, berechnet werden. Die Berechnung der Position des Standpunktes und der Orientierung der Totalstation in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem erfolgt also dann, wenn Satellitensignale noch in ausreichender Qualität empfangen werden und die Positionsbestimmung der Baumaschine mittels des GNSS erfolgen kann. Da Standpunkt und Orientierung der Totalstation jetzt bekannt sind, ist die Totalstation in dem von

der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem definiert, was umgangssprachlich als „eingemessen“ bezeichnet wird. Das „Einmessen“ der Totalstation bedeutet hier, dass das auf die Totalstation bezogene Koordinatensystem, das im Allgemeinen ein polares Koordinatensystem ist, in Übereinstimmung mit dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem, das im Allgemeinen ein kartesisches Koordinatensystem ist, gebracht wird. Mathematisch ausgedrückt werden die Transformationsparameter zwischen den beiden Koordinatensystemen bestimmt. Dies setzt voraus, dass beim weiteren Vorschub der Baumaschine Standpunkt und Orientierung der Totalstation in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem unverändert bleiben.

**[0024]** Für den Fall, dass der Satellitensignal-Empfänger die Satellitensignale nicht mehr mit ausreichender Qualität empfängt, kann die Steuerung der Baumaschine in dem Totalstation-Steuerungsmodus erfolgen. In dem Totalstation-Steuerungsmodus können die Positionen des Referenzpunktes auf der Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem aus der Position des Standpunktes und der Orientierung der Totalstation und der mit der Totalstation gemessenen Position (Richtung und Entfernung) des Reflektors relativ zu der Totalstation bestimmt werden. Die Bestimmung der Positionen des Referenzpunktes auf der Baumaschine kann in einer Recheneinheit der Totalstation oder der Recheneinheit der Positionsbestimmungs-Einrichtung der Baumaschine oder in beiden Recheneinheiten erfolgen, was einen uni- oder bidirektionalen Datenaustausch zwischen den Recheneinheiten der Baumaschine und der Totalstation voraussetzt.

**[0025]** Die bekannten vollautomatisch arbeitenden Totalstationen können in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem definiert werden, wenn die Position des Standpunktes und die Orientierung der Totalstation in diesem Koordinatensystem bekannt ist. Die Position des Standpunktes und die Orientierung der Totalstation kann in der Recheneinheit der Positionsbestimmungs-Einrichtung auf der Baumaschine berechnet werden. Wenn Position und die Orientierung der Totalstation auf der Baumaschine berechnet worden sind, können die entsprechenden Daten an die Totalstation übermittelt werden. Die Datenübertragung kann mit einem an der Baumaschine vorgesehenen Sender und einem an der Totalstation vorgesehenen Empfänger erfolgen. Wenn die Totalstation „eingemessen“ ist, kann die Totalstation die Positionen des Referenzpunktes auf der Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem an die Baumaschine übermitteln. Die Berechnung der Position des Referenzpunktes auf der Baumaschine kann dann auf der Grundlage der mit der Totalstation in dem Totalstation-Steuerungsmodus gemessenen Richtung und Entfernung (Position) des Reflektors in dem

von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem, das nicht dem Koordinatensystem der Totalstation entspricht, erfolgen.

**[0026]** Die Position des Reflektors auf der Baumaschine definiert einen Referenzpunkt auf der Baumaschine. Die Steuerung der Baumaschine kann in Bezug auf einen beliebigen anderen Referenzpunkt erfolgen, dessen Koordinaten aus den Koordinaten des Reflektors aufgrund der bekannten Geometrie der Baumaschine berechnet werden können.

**[0027]** In dem Totalstation-Steuerungsmodus steuert die Steuereinrichtung die Antriebsrichtung auf der Grundlage der in dem Totalstation-Steuerungsmodus bestimmten Positionen des Referenzpunktes auf der Baumaschine derart an, dass sich der Referenzpunkt auf der Baumaschine entlang einer vorgegebenen Soll-Wegstrecke bewegt.

**[0028]** Die Berechnung der Position des Standpunktes der Totalstation und der Orientierung der Totalstation aus den Messwerten der Totalstation an verschiedenen Anschlusspunkten, kann mit den in der Geodäsie bekannten Methoden erfolgen. Die Koordinaten der Anschlusspunkte sind durch das globale Navigationssatellitensystem bekannt. Grundsätzlich ist eine Messung mit der Totalstation an nur zwei unterschiedlichen Anschlusspunkten für die Bestimmung des Standpunktes ausreichend, um mit den bekannten Koordinaten der Anschlusspunkte die Koordinaten des Standpunktes bestimmen zu können. Zur Erhöhung der Genauigkeit können aber auch Messungen an mehr als zwei Punkten vorgenommen werden. Wenn Messwerte zu mehr als zwei Anschlusspunkten vorliegen, kann auch eine überbestimmte Transformation, zum Beispiel eine Helmert-Transformation, zur Berechnung des Standpunktes der Totalstation verwendet werden. Wenn eine Mehrzahl von unterschiedlichen Messungen durchgeführt werden, können zur Positionsbestimmung auch der Mittelwert der Messergebnisse gebildet oder andere in der Geodäsie bekannte Methoden zur Auswertung der Messergebnisse herangezogen werden.

**[0029]** Eine Ausführungsform der Positionsbestimmungs-Einrichtung sieht eine fortlaufende (rollierende) Berechnung der Position des Standpunktes und der Orientierung der Totalstation während der Bewegung der Baumaschine vor, um mit unterschiedlichen Messungen den Standpunkt und die Orientierung der Totalstation laufend neu berechnen zu können. Dadurch kann die Genauigkeit erhöht werden, wenn sich die Platzierung der Totalstation in Bezug auf die Baumaschine verbessert, beispielsweise sich der Abstand der Baumaschine zu der Totalstation verringert. Bei dieser Ausführungsform ist die Recheneinheit der Positionsbestimmungs-Einrichtung derart konfiguriert, dass die Totalstationsdaten für die Bestimmung der Position des Standpunktes und der Ori-

entierung der Totalstation in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem während der Bewegung der Baumaschine in aufeinanderfolgenden Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten in die Speichereinheit eingelesen werden, wobei die Position und Orientierung des Standpunktes der Totalstation fortlaufend berechnet wird.

**[0030]** Eine besondere Ausführungsform der Positionsbestimmungs-Einrichtung sieht vor, dass zwei Messungen an unterschiedlichen Positionen der Baumaschine im Gelände vorgenommen werden, um Standpunkt und Orientierung der Totalstation zu bestimmen. Die Recheneinheit ist bei dieser Ausführungsform derart konfiguriert, dass die Position des Standpunktes und die Orientierung der Totalstation auf der Grundlage der Navigationssatellitensystem-Positionsdaten, die die Position des Referenzpunktes auf der Baumaschine an einer ersten Position, die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem einnimmt, beschreiben, und auf der Grundlage der Navigationssatellitensystem-Positionsdaten, die die Position des Referenzpunktes auf der Baumaschine an einer zweiten Position, die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem einnimmt, beschreiben, und der Richtung und Entfernung des Reflektors an der ersten und zweiten Position beschreibenden Totalstationsdaten berechnet werden.

**[0031]** Die Position des Standpunktes und die Orientierung der Totalstation kann in einem Polarkoordinatensystem oder einem kartesischen Koordinatensystem beschrieben oder zwischen diesen Koordinatensystemen transformiert werden. Die Berechnung des Standpunktes und der Orientierung der Totalstation auf der Grundlage der beiden Messungen kann mit dem in der Geodäsie unter dem Begriff der freien Stationierung bekannten Methoden erfolgen.

**[0032]** Die Recheneinheit der Positionsbestimmungs-Einrichtung ist bei der Ausführungsform auf der Grundlage von Messungen an zwei unterschiedlichen Orten derart konfiguriert, dass die Position des Standpunktes und die Orientierung der Totalstation auf der Grundlage der mit der Totalstation gemessenen Richtung zu dem Reflektor auf der Baumaschine und der Entfernung zwischen dem Standpunkt der Totalstation und dem Reflektor in der ersten Position, die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem einnimmt, und der mit der Totalstation gemessenen Richtung zu dem Reflektor auf der Baumaschine und der Entfernung zwischen dem Standpunkt der Totalstation und dem Reflektor in einer zweiten Position, die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem einnimmt, und den Navigationssatellitensys-

tem-Positionsdaten an der ersten und zweiten Position berechnet wird.

**[0033]** Die erste und zweite Position sollten in einem für die Genauigkeit der Messung ausreichenden Abstand zueinander liegen. Die Richtungsmessungen können die Messung der Horizontalrichtung und des Vertikalwinkels einschließen.

**[0034]** Eine Distanzmessung ist bei einer weiteren Ausführungsform nicht erforderlich, die Messungen an mindestens drei unterschiedlichen Positionen der Baumaschine vorsieht. Bei dieser Ausführungsform reicht allein die Messung des Horizontalwinkels und gegebenenfalls des Vertikalwinkels für die Positionsbestimmung aus. Die Position und Orientierung der Totalstation kann mit dem in der Geodäsie als Rückwärtsschnitt bekannten Verfahren bestimmt werden.

**[0035]** Die Steuereinrichtung der erfindungsgemäßen Baumaschine kann unterschiedlich ausgebildet sein. Bei einer Ausführungsform ist die Steuereinrichtung derart konfiguriert, dass die Antriebseinrichtung derart angesteuert wird, dass der Abstand zwischen der von der Soll-Wegstrecke beschriebenen Soll-Position und der Ist-Position des Referenzpunktes auf der Baumaschine minimal ist. Der Steuerung kann auch eine von der Soll-Wegstrecke beschriebene Richtungsdivergenz zwischen einer Soll-Richtung und der Ist-Richtung der Baumaschine zugrunde liegen.

**[0036]** Die selbstfahrende Baumaschine kann eine Straßenfräse oder ein Recycler oder Stabilisierer oder Surface Miner sein, wobei die Arbeitseinrichtung eine mit Fräs- oder Schneidwerkzeugen bestückte Fräs-/Schneidwalze aufweist, oder ein Gleitschalungsfertiger sein, wobei die Arbeitseinrichtung eine Vorrichtung zum Formen von fließfähigem Material aufweist, oder ein Straßenfertiger sein, wobei die Arbeitseinrichtung eine Einbaubohle zum Formen von Material aufweist.

**[0037]** Es zeigen:

**Fig. 1** ein Ausführungsbeispiel einer Straßenfräsmaschine in der Seitenansicht,

**Fig. 2** ein Ausführungsbeispiel eines Gleitschalungsfertigers in der Seitenansicht,

**Fig. 3** eine schematische Darstellung der für die Erfindung wesentlichen Komponenten der Baumaschine und einer Totalstation und

**Fig. 4** die Baumaschine zusammen mit einem Satellitennavigationssystem und einer Totalstation in vereinfachter schematischer Darstellung.

**[0038]** Die **Fig. 1** zeigt als Beispiel für eine selbstfahrende Baumaschine **1** eine Straßenfräsmaschine in der Seitenansicht. Da Straßenfräsmaschinen als sol-

che zum Stand der Technik gehören, werden hier nur die für die Erfindung wesentlichen Komponenten der Baumaschine beschrieben.

**[0039]** Die Straßenfräsmaschine weist einen Maschinenrahmen **2** auf, der von einem Fahrwerk **3** getragen wird. Das Fahrwerk **3** weist zwei vordere und zwei hintere, lenkbare Laufwerke **4A**, **4B** auf, die an vorderen und hinteren Hubsäulen **5A**, **5B** befestigt sind. Die Arbeitsrichtung (Fahrtrichtung) der Straßenfräsmaschine ist mit einem Pfeil **A** gekennzeichnet. Die Laufwerke **4A**, **4B** und die Hubsäulen **5A**, **5B** sind Teil einer Antriebseinrichtung der Straßenfräsmaschine zum Ausführen von translatorischen und/oder rotatorischen Bewegungen. Zu der Antriebseinrichtung gehören auch nicht dargestellte vorzugsweise hydraulischen Antriebe für die Laufwerke **4A**, **4B** sowie ein nicht dargestellter Verbrennungsmotor. Mit den Laufwerken **4A**, **4B** kann die Straßenfräsmaschine vor- und zurückbewegt werden. Durch Anheben und Absenken der Hubsäulen **5A**, **5B** kann der Maschinenrahmen **2** gegenüber dem Boden in der Höhe und Neigung bewegt werden. Damit hat die Straßenfräsmaschine drei translatorische und drei rotatorische Freiheitsgrade. Die Straßenfräsmaschine verfügt über eine Arbeitseinrichtung zum Verändern des Geländes. Hierbei handelt es sich um eine Fräseinrichtung **6** mit einer mit Fräswerkzeugen bestückten Fräsrolle **6A**.

**[0040]** **Fig. 2** zeigt als weiteres Beispiel für eine selbstfahrende Baumaschine **1** einen Gleitschalungsfertiger in der Seitenansicht ohne Fördereinrichtung, der in der EP 1 103 659 B1 im Einzelnen beschrieben ist. Auch die Gleitschalungsfertiger **1** weist einen Maschinenrahmen **2** auf, der von einem Fahrwerk **3** getragen wird. Das Fahrwerk **3** weist wieder vordere und hintere Laufwerke **4A**, **4B** auf, die an vorderen und hinteren Hubsäulen **5A**, **5B** befestigt sind. Der Gleitschalungsfertiger verfügt über eine Vorrichtung **6** zum Formen von Beton, die nachfolgend als Betonmulde bezeichnet wird. Die Betonmulde **6** ist eine Arbeitseinrichtung zur Errichtung eines Baukörpers mit einer vorgegebenen Form auf dem Gelände, welche zusammen mit dem Maschinenrahmen **2** angehoben oder abgesenkt werden kann.

**[0041]** **Fig. 3** zeigt die für die Erfindung wesentlichen Komponenten der Baumaschine in stark vereinfachter schematischer Darstellung. Die einander entsprechenden Teile sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0042]** Die Baumaschine **1** verfügt über eine automatische Steuerung unter der Verwendung eines Satellitennavigationssystems (**GNSS**). Eine derartige Steuerung gehört zum Stand der Technik. Die Steuereinrichtung **7** zur Ansteuerung der nur schematisch dargestellten Antriebseinrichtung **8** der Baumaschine **1** steuert die Antriebseinrichtung derart an, dass sich

ein Referenzpunkt **R** auf der Baumaschine entlang einer bestimmten Wegstrecke **W**, d. h. auf der Wegstrecke oder in einem Abstand zu der Wegstrecke (Äquidistante) bewegt. Der Referenzpunkt **R** kann ein beliebiger Punkt auf der Baumaschine sein.

**[0043]** Die Steuereinrichtung **7** ist derart konfiguriert, dass die Antriebseinrichtung **8** derart angesteuert wird, dass der Abstand  $d$  zwischen der von einer Soll-Wegstrecke beschriebenen Soll-Position  $P_{\text{soll}}$  und der Ist-Position  $P_{\text{ist}}$  eines Referenzpunktes **R** auf der Baumaschine **1** minimal ist. Hierzu werden von der Steuereinrichtung **7** die lenkbaren Laufwerke **4A**, **4B** und die Hubzylinder **5A**, **5B** der Baumaschine entsprechend angesteuert. In **Fig. 3** ist in vergrößerter Darstellung auf der rechten Bildhälfte eine Abweichung  $d$  der Ist-Position  $P_{\text{ist}}$  von der Soll-Position  $P_{\text{soll}}$  gezeigt. Der Referenzpunkt **R** der Baumaschine **1** auf der linken Bildhälfte liegt auf der Soll-Wegstrecke **W**.

**[0044]** Die Bestimmung der Soll-Position  $P_{\text{soll}}$  des Referenzpunktes **R** auf der Baumaschine **1** erfolgt unter Verwendung des GNS-Systems mit einer Positionsbestimmungs-Einrichtung **9**, die mindestens einen auf der Baumaschine angeordneten Navigationsatellitensystem-Empfänger **10** zum Empfangen von Satellitensignalen des **GNSS** und eine Recheneinheit **11** zum Auswerten der Satellitensignale zur Bestimmung von die Position des Referenzpunktes auf der Baumaschine beschreibenden Navigationsatellitensystem-Positionsdaten aufweist. Der Navigationsatellitensystem-Empfänger **10** empfängt die auf ein globales Koordinatensystem bezogenen Satellitensignale, um den Referenzpunkt **R** auf der Baumaschine in diesem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem bestimmen zu können.

**[0045]** Zum Einlesen der Daten, mit denen die Soll-Wegstrecke **W** beschrieben wird, ist eine Schnittstelle **12** vorgesehen. Die Schnittstelle **12** kann beispielsweise eine USB-Schnittstelle, eine Schnittstelle nach dem Bluetooth-Standard, eine Infrarot-Schnittstelle, ein LAN oder WLAN sein. Eine Schnittstelle **12** kann aber auch mit einem Daten-Laufwerk geschaffen werden, um die Daten mit einem beliebigen Datenträger einlesen zu können. Zum Speichern der über die Schnittstelle eingelesenen Daten, mit denen die Soll-Wegstrecke **W** beschrieben wird, ist ein Speicher **13** vorgesehen. Der Speicher **13** kann beispielsweise der Arbeitsspeicher eines Computers, ein RAM (Random Access Memory) oder ein Flash-Speicher oder eine sonstige bekannte Form eines Speichers sein.

**[0046]** Darüber hinaus weist die Positionsbestimmungs-Einrichtung **9** mindestens einen Reflektor (Prisma) **14** zum Reflektieren eines von einer Totalstation **T** ausgesandten Lichtstrahls und einen Totalstationsdaten-Empfänger **15** zum Empfangen von Totalstationsdaten auf. Der Reflektor **14** kann an

dem Maschinenrahmen **2** an einem beliebigen Referenzpunkt angeordnet sein, der von dem Referenzpunkt **R** der Baumaschine verschieden sein kann. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird zur Vereinfachung angenommen, dass der Referenzpunkt des Reflektors dem Referenzpunkt **R** entspricht. Die Messwertbestimmung erfolgt mit der Totalstation **T** vollautomatisch, wobei Totalstationsdaten, die Richtung und/oder Entfernung des Reflektors relativ zu der Totalstation beinhalten können, von der Totalstation ausgesandt werden und von dem Totalstationsdaten-Empfänger **15** der Positionsbestimmungs-Einrichtung **9** empfangen werden. Die Richtungsmessung kann die Messung des Horizontalwinkels und Vertikalwinkels umfassen.

**[0047]** Die Navigationsatellitensystem-Positionsdaten, die die Position des Referenzpunktes **R** in dem Koordinatensystem **X**, **Y**, **Z** beschreiben, und die Totalstationsdaten werden in einem Speicher **16** der Positionsbestimmungs-Einrichtung **9** gespeichert. Die Schnittstelle **12** und die Positionsbestimmungs-Einrichtung **9** können auch über einen gemeinsamen Speicher verfügen.

**[0048]** Die Recheneinheit **11** der Positionsbestimmungs-Einrichtung **9** kann Bestandteil einer nicht dargestellten zentralen Recheneinheit oder Steuereinrichtung der Baumaschine sein. Die Recheneinheit **11** kann beispielsweise allgemeine Prozessoren, digitale Signalprozessoren (DSP) zur kontinuierlichen Bearbeitung digitaler Signale, Mikroprozessoren, anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASIC), aus Logikelementen bestehende integrierte Schaltkreise (FPGA) oder andere integrierte Schaltkreise (IC) oder Hardware-Komponenten aufweisen, um die nachfolgend beschriebenen Rechenoperationen zur Positionsbestimmung auszuführen. Auf den Hardware-Komponenten kann zur Durchführung der Verfahrensschritte ein Datenverarbeitungsprogramm (Software) laufen, um die einzelnen Verfahrensschritte auszuführen.

**[0049]** **Fig. 4** zeigt die Bewegung der Baumaschine **1** in einem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem zusammen mit dem **GNSS** und der Totalstation **T**. Die Baumaschine bewegt sich entlang einer Soll-Wegstrecke **W**, die auch als Trajektorie bezeichnet wird. Die Trajektorie kann eine dreidimensionale Raumkurve oder eine Bahnkurve in der Ebene sein. Die Raumkurve oder Bahnkurve werden abseits der Baustelle in einem Büro ermittelt und über die Schnittstelle **12** in die Steuereinrichtung **7** eingelesen. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird angenommen, dass die in der Zeichenebene dargestellte Soll-Wegstrecke **W** (Trajektorie) eine durch eine Folge von Soll-Positionen ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) in dem Koordinatensystem (**X**, **Y**, **Z**) beschriebene Bahnkurve ist.

**[0050]** Während der Bewegung der Baumaschine **1** ermittelt die Positionsbestimmungs-Einrichtung **9** fortlaufend die Ist-Position ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) eines geeigneten Referenzpunktes auf der Baumaschine. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird zur Vereinfachung nur ein einziger Referenzpunkt **R** auf der Baumaschine festgelegt. Die Ist-Position  $P_{\text{ist}}$  der Baumaschine wird fortlaufend mit der Soll-Position  $P_{\text{soll}}$  verglichen. Die Steuereinrichtung **7** steuert die Antriebsrichtung **8** derart an, dass die Abweichung  $d$  zwischen der Ist-Position und der Soll-Position minimal ist. Diese Steuerung setzt den Empfang des GNSS-Signals des **GNSS** voraus (Fig. 1).

**[0051]** Der Reflektor **14** der Positionsbestimmungs-Einrichtung **9** befindet sich auf der Baumaschine **1** ebenfalls an einem geeigneten Referenzpunkt. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird zur Vereinfachung ein gemeinsamer Referenzpunkt **R** auf der Baumaschine **1** für den Navigationssatellitensystem-Empfänger **10** und den Reflektor **14** für die Totalstation **T** festgelegt. Es können aber auch verschiedene Referenzpunkte festgelegt werden. Wenn verschiedene Referenzpunkte festgelegt werden, können die Koordinaten des einen Referenzpunktes aus den Koordinaten des anderen Referenzpunktes bestimmt werden, da die Lage der Referenzpunkte auf dem Maschinenrahmen **2** bekannt ist.

**[0052]** Die nachfolgend als GNSS-Daten bezeichneten Navigationssatellitensystem-Positionsdaten werden zu einem ersten Zeitpunkt  $t_1$ , an dem sich die Baumaschine mit dem Referenzpunkt **R** an einer ersten Position ( $x_1$ ,  $y_1$ ,  $z_1$ ) befindet, und zu einem zweiten Zeitpunkt  $t_2$ , an dem sich die Baumaschine mit dem Referenzpunkt an einer zweiten Position ( $x_2$ ,  $y_2$ ,  $z_2$ ) befindet, in den Speicher **16** der Positionsbestimmungs-Einrichtung **9** für die spätere Berechnung der Position ( $x_N$ ,  $y_N$ ,  $z_N$ ) des Standpunktes **S** und der Orientierung (**O**) der Totalstation **T** in dem Koordinatensystem (**X**, **Y**, **Z**) eingelesen. Darüber hinaus werden an der ersten Position ( $x_1$ ,  $y_1$ ,  $z_1$ ) bzw. zu dem Zeitpunkt  $t_1$  mit der Totalstation **T** die Richtung zu dem Reflektor **14** und die Entfernung  $a_1$  zu dem Reflektor gemessen und an der zweiten Position ( $x_2$ ,  $y_2$ ,  $z_2$ ) bzw. zu dem Zeitpunkt  $t_2$  werden mit der Totalstation **T** die Richtung zu dem Reflektor **14** und die Entfernung  $a_2$  zu dem Reflektor gemessen. Bei einer dreidimensionalen Raumkurve schließt die Richtungsmessung sowohl den Horizontalwinkel **H<sub>z</sub>** als auch den Vertikalwinkel **V** ein. Bei einer Betrachtung nur in der Ebene reicht die Messung des Horizontalwinkels **H<sub>z</sub>** aus. Diese Messwerte stellen Totalstationsdaten dar, die von dem Totalstationsdaten-Empfänger **15** empfangen werden. Die erste und zweite Position werden nachfolgend auch als erste und zweite Anschlusspunkte **A<sub>1</sub>** und **A<sub>2</sub>** bezeichnet. Die Totalstationsdaten für den ersten Anschlusspunkt **A<sub>1</sub>** und den zweiten Anschlusspunkt **A<sub>2</sub>** werden in dem Speicher **16** gespeichert. Die Koordinaten des ersten und zweiten

Anschlusspunktes **A<sub>1</sub>** und **A<sub>2</sub>** in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem **X**, **Y**, **Z** sind bereits auf der Grundlage der GNSS-Messung ermittelt worden.

**[0053]** Für die Berechnung der Koordinaten des Standpunktes und der Orientierung der Totalstation **T** liest die Recheneinheit **11** die gespeicherten Satellitennavigationssystem-Positionsdaten und die Totalstationsdaten aus dem Speicher **16** aus. Die Recheneinheit **11** berechnet aus den bekannten Koordinaten der beiden Anschlusspunkte **A<sub>1</sub>** und **A<sub>2</sub>** und den Totalstationsdaten, d. h. dem an der Anschlussstelle **A<sub>1</sub>** gemessenen Horizontalwinkel **H<sub>z1</sub>**, Vertikalwinkel **V<sub>1</sub>** und der Entfernung  $a_1$  und dem an der Anschlussstelle **A<sub>2</sub>** gemessenen Horizontalwinkel **H<sub>z2</sub>**, Vertikalwinkel **V<sub>2</sub>** und der Entfernung  $a_2$  sowie den bekannten Koordinaten ( $x_1$ ,  $y_1$ ,  $z_1$ ) der ersten Anschlussstelle **A<sub>1</sub>** und den bekannten Koordinaten ( $x_2$ ,  $y_2$ ,  $z_2$ ) der zweiten Anschlussstelle **A<sub>2</sub>**, die Koordinaten ( $x_N$ ,  $y_N$ ,  $z_N$ ) des Standpunktes **S** und die Orientierungsrichtung der Totalstation **T** in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (**X**, **Y**, **Z**) des GNSS-Systems.

**[0054]** Die Recheneinheit **11** ist derart konfiguriert, dass die Berechnung der Koordinaten ( $x_N$ ,  $y_N$ ,  $z_N$ ) des Standpunktes **S** der Totalstation **T** mit den unter der Bezeichnung der freien Standpunktwahl oder freien Stationierung bekannten trigonometrischen Methoden berechnet. Die Positionsbestimmung kann insbesondere mit der als Rückwärtsschnitt bekannten Methode erfolgen. Die Koordinaten des Standpunktes und die Orientierung der Totalstation werden ebenfalls in dem Speicher **16** gespeichert.

**[0055]** Während der Bewegung der Baumaschine entlang der Soll-Wegstrecke **W** kann die Berechnung des Standpunktes **S** und der Orientierung der Totalstation an weiteren aufeinanderfolgenden Positionen ( $x_3$ ,  $y_3$ ,  $z_3$ ; ...;  $x_n$ ,  $y_n$ ,  $z_n$ ) oder zu weiteren unterschiedlichen Zeitpunkten ( $t_3$ , ...,  $t_n$ ) erfolgen, um Standpunkt und Orientierung jeweils erneut zu berechnen. Die zuvor berechnete Position des Standpunktes und die Orientierung können dann durch die neu berechneten Werte ersetzt werden.

**[0056]** Mit der Totalstation **T** brauchen keine Abstandsmessungen sondern nur Winkelmessungen vorgenommen zu werden, wenn ein geeigneter Algorithmus zur Positionsbestimmung implementiert ist. Beispielsweise kann mit dem Rückwärtsschnitt die Bestimmung der Koordinaten des Standpunktes durch die Messung des von dem Standpunkt gesehenen Horizontalwinkels zu drei Anschlusspunkten mit bekannten Koordinaten erfolgen. Zur Bestimmung der Position des Standpunktes und der Orientierung der Totalstation **T** wird mit der Totalstation zumindest der Horizontalwinkel in mindestens drei Messungen zu drei verschiedenen Zeitpunkten  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$

an drei verschiedenen Positionen ( $x_1, x_1, z_1; x_2, y_2, z_2; x_3, y_3, z_3$ ) des Referenzpunktes **R** auf der Baumaschine, d. h. Anschlusspunkten **A**<sub>1</sub>, **A**<sub>2</sub>, **A**<sub>3</sub>, gemessen und die zu den drei Anschlusspunkten ermittelten Totalstationsdaten werden in dem Speicher **16** gespeichert. Die Positionen ( $x_1, x_1, z_1; x_2, y_2, z_2; x_3, y_3, z_3$ ) des Referenzpunktes **R** werden mit dem **GNSS** ermittelt. Die Bestimmung der Position des Standpunktes **S** und der Orientierung **O** der Totalstation **T** erfolgt dann nach der Methode des (ebenen) Rückwärtsschnitts.

**[0057]** Die Positionsbestimmungs-Einrichtung **9** kann dauernd die statistische Qualität der Positionsberechnung aufgrund der gegebenen Satellitenkonstellation überprüfen. Wenn die statistische Qualität der Satellitensignale nicht gegeben ist, kann der Steuerung ein anderer Steuerungsmodus zugrunde gelegt werden, der nachfolgend beschrieben wird.

**[0058]** Es wird angenommen, dass sich die Baumaschine zum Zeitpunkt  $t_4$  in einem Bereich befindet, in dem die statistische Qualität der Satellitensignale nicht mehr gegeben ist. Dieser Bereich ist in **Fig. 4** durch eine Schraffur gekennzeichnet. Die momentane Position der Baumaschine **1** in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (**X, Y, Z**) des **GNSS** wird nunmehr nicht mehr unter Verwendung des **GNSS**, sondern auf der Grundlage der zuvor ermittelten Position des Standpunktes **S** und der Orientierung **O** der Totalstation **T** und der momentanen Position der Baumaschine in Bezug auf den bekannten Standpunkt **S** und die bekannte Orientierung **O** der Totalstation **T** bestimmt. Diese Positionsbestimmung erfolgt durch Messung der Entfernung  $a_4$  zwischen dem Standpunkt **S** der Totalstation **T** und dem Reflektor **14** (Referenzpunkt **R**) auf der Baumaschine sowie des Horizontalwinkels  $H_z$  und gegebenenfalls des Vertikalwinkels  $V$  mit der Totalstation **T** in bekannter Weise. Die Kenntnis der zuvor ermittelten Position des Standpunktes **S** und der Orientierung **O** der Totalstation **T** erlaubt die Transformation der Daten von dem auf die Totalstation **T** bezogenen Koordinatensystem (**X', Y', Z'**) in das von der Baumaschine unabhängige Koordinatensystem (**X, Y, Z**) des **GNSS**.

**[0059]** Die für die Positionsbestimmung der Baumaschine erforderlichen Rechenoperationen können in der Recheneinheit **11** der Baumaschine oder einer Recheneinheit der Totalstation oder in beiden Recheneinheiten durchgeführt werden.

**[0060]** Bei einem Ausführungsbeispiel wird angenommen, dass die Rechenoperationen in der Recheneinheit **11** der Baumaschine durchgeführt werden. In diesem Fall werden Totalstationsdaten, die die Position der Baumaschine in dem auf die Totalstation **T** bezogenen Koordinatensystem (**X', Y', Z'**) beinhalten, von der Totalstation **T** an die Baumaschi-

ne **1** gesendet und von dem Totalstationsdaten-Empfänger **15** empfangen. Aus diesen Totalstationsdaten und der zuvor ermittelten Position ( $x_n, y_n, z_n$ ) des Standpunktes **S** und der Orientierung **O** der Totalstation **T** in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (**X, Y, Z**) berechnet die Recheneinheit **11** dann die Position des Referenzpunktes **R** auf der Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (**X, Y, Z**) ohne die Verwendung des **GNSS**.

**[0061]** Die Ist-Position  $P_{ist}$  der Baumaschine **1** wird während der Bewegung der Baumaschine kontinuierlich oder in bestimmten Zeitabständen, die für eine genaue Steuerung ausreichend klein sein sollten, fortlaufend ermittelt. Die Steuereinrichtung **7** steuert die Antriebsrichtung **8** dann derart an, dass die Abweichung  $d$  zwischen der Ist-Position  $P_{ist}$  und der durch die Daten der Soll-Wegstrecke **W** angegebenen Soll-Position  $P_{soll}$  minimal ist. Sobald eine ausreichende Qualität der Satellitensignale wieder gegeben ist, kann von dem Totalstation-Steuerungsmodus auf den Steuerungsmodus für den Normalbetrieb umgeschaltet werden, bei dem die Bestimmung der Ist-Position  $P_{ist}$  der Baumaschine mit dem **GNSS** erfolgt. Diese Umschaltung kann nach vorgegebenen Qualitätskriterien automatisch erfolgen.

**[0062]** Nachfolgend wird eine alternative Ausführungsform beschrieben, die voraussetzt, dass die Totalstation über eine eigene geeignete Recheneinheit verfügt, die eine „Einmessung“ der Totalstation erlaubt. **Fig. 3** zeigt eine derartige Totalstation **T** in schematischer Darstellung. Die Totalstation **T** weist eine Recheneinheit **17** sowie einen Sender **18** und einen Empfänger **18'** auf. Bei der alternativen Ausführungsform weist die Baumaschine nicht nur einen Totalstationsdaten-Empfänger **15** sondern auch einen Sender **15'** auf. Der Sender **15'** der Baumaschine ist in **Fig. 3** in gestrichelten Linien gezeichnet. Folglich ist eine bidirektionale Datenübertragung zwischen Baumaschine und Totalstation möglich. Die mit der Recheneinheit **11** der Baumaschine berechnete Position ( $x_N, y_N, z_N$ ) des Standpunktes **S** und der Orientierung **O** der Totalstation **T** wird mit dem Sender **15'** der Baumaschine an den Empfänger **18'** der Totalstation **T** übertragen. Die Recheneinheit **17** der Totalstation **T** ist derart konfiguriert, dass die Totalstation auf der Grundlage der übertragenen Daten, die Position ( $x_N, y_N, z_N$ ) des Standpunktes **S** und die Orientierung **O** der Totalstation **T** beinhalten, und der Messung der Richtung und Entfernung des Reflektors **14** Totalstationsdaten berechnet, die die Position des Reflektors in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (**X, Y, Z**) beschreiben. Wenn in dem Totalstation-Steuerungsmodus mit der „eingemessenen“ Totalstation **T** die Position der Baumaschine bestimmt wird, sendet der Sender **18** der Totalstation **T** Totalstationsdaten, die die Position des Referenzpunktes **R** auf der Baumaschine nicht

in dem auf die Totalstation **T** bezogenen Koordinatensystem (**X',Y',Z'**) sondern in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (**X',Z'**) beschreiben. Diese Daten werden von dem Totalstationsdaten-Empfänger **15** der Baumaschine empfangen. Die Steuereinrichtung **7** steuert dann die Antriebseinrichtung **8** derart an, dass sich der Referenzpunkt **R** auf der Soll-Wegstrecke **W** bewegt.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- EP 1103659 B1 [0040]

## Patentansprüche

1. Selbstfahrende Baumaschine mit einem Maschinenrahmen (2), einer am Maschinenrahmen (2) angeordneten Arbeitseinrichtung, einer Antriebseinrichtung (7) zum Antreiben der Baumaschine (1), so dass sich die Baumaschine im Gelände bewegt, einer Positionsbestimmungs-Einrichtung (9) zur Bestimmung der Position eines Referenzpunktes (R) auf der Baumaschine (1) in einem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (X, Y, Z), wobei die Positionsbestimmungs-Einrichtung (9) einen Navigationssatellitensystem-Empfänger (10) zum Empfangen von Satellitensignalen eines globalen Navigationssatellitensystems und eine Recheneinheit (11) aufweist, die derart konfiguriert ist, dass auf der Grundlage der Satellitensignale die Position eines Referenzpunktes (R) auf der Baumaschine beschreibende Navigationssatellitensystem-Positionsdaten in einem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (X, Y, Z) bestimmt werden, und einer Steuereinrichtung (7) zur Ansteuerung der Antriebseinrichtung (8), wobei die Steuereinrichtung (7) derart konfiguriert ist, dass sich der Referenzpunkt (R) auf der Baumaschine (1) entlang einer vorgegebenen Soll-Wegstrecke (W) bewegt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Positionsbestimmungs-Einrichtung (9) einen Reflektor (14) zur optischen Messung mittels einer Totalstation (T) und einen Totalstationsdaten-Empfänger (15) zum Empfangen von Totalstationsdaten der Totalstation (T) und einen Speicher (16) zum Speichern der Navigationssatellitensystem-Positionsdaten und Totalstationsdaten aufweist, und die Recheneinheit (11) der Positionsbestimmungs-Einrichtung (9) derart konfiguriert ist, dass für einen Totalstation-Steuerungsmodus, in dem die Steuerung der Baumaschine nicht auf der Grundlage der Satellitensignale des globalen Navigationssatellitensystems erfolgen soll, die Position des Standpunktes (S) und die Orientierung (O) der Totalstation (T) in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (X, Y, Z) aus den an unterschiedlichen Positionen der Baumaschine bestimmten Navigationssatellitensystem-Positionsdaten und aus Richtung und/oder Entfernung des Reflektors (14) an den unterschiedlichen Positionen der Baumaschine beschreibenden Totalstationsdaten, die mit dem Totalstationsdaten-Empfänger (15) empfangen werden, berechnet werden, so dass in dem Totalstation-Steuerungsmodus die Positionen ( $x_n, y_n, z_n$ ) des Referenzpunktes (R) auf der Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (X, Y, Z) aus der Position des Standpunktes (S) und der Orientierung (O) der Totalstation (T) und der in dem Totalstation-Steuerungsmodus mit der Totalsta-

tion gemessenen Richtung und Entfernung des Reflektors (14) bestimmt werden können, wobei die Steuereinrichtung (7) die Antriebseinrichtung (8) in dem Totalstation-Steuerungsmodus auf der Grundlage der im Totalstation-Steuerungsmodus bestimmten Positionen ( $x_n, y_n, z_n$ ) des Referenzpunktes (R) auf der Baumaschine derart ansteuert, dass sich der Referenzpunkt (R) auf der Baumaschine (1) entlang einer vorgegebenen Soll-Wegstrecke (W) bewegt.

2. Selbstfahrende Baumaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Recheneinheit (11) der Positionsbestimmungs-Einrichtung (9) derart konfiguriert ist, dass in dem Totalstation-Steuerungsmodus die Positionen ( $x_n, y_n, z_n$ ) des Referenzpunktes (R) auf der Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (X, Y, Z) aus der Position des Standpunktes (S) und der Orientierung (O) der Totalstation (T) und der in dem Totalstation-Steuerungsmodus mit der Totalstation gemessenen Richtung und Entfernung des Reflektors (9) bestimmt werden.

3. Selbstfahrende Baumaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Recheneinheit (11) der Positionsbestimmungs-Einrichtung (9) derart konfiguriert ist, dass die Totalstationsdaten für die Bestimmung der Position des Standpunktes (S) und der Orientierung (O) der Totalstation (T) in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (X, Y, Z) während der Bewegung der Baumaschine (1) in aufeinanderfolgenden Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten ( $t_1, t_2, \dots, t_n$ ) in die Speichereinheit (16) eingelesen werden, wobei die Position des Standpunktes (S) und die Orientierung (O) der Totalstation (T) fortlaufend berechnet werden.

4. Selbstfahrende Baumaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Recheneinheit (11) der Positionsbestimmungs-Einrichtung (9) derart konfiguriert ist, dass die Position des Standpunktes (S) und die Orientierung der Totalstation (T) auf der Grundlage der Navigationssatellitensystem-Positionsdaten, die die Position des Referenzpunktes (R) auf der Baumaschine an einer ersten Position ( $x_1, y_1, z_1$ ), die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (X, Y, Z) einnimmt, beschreiben, und auf der Grundlage der Navigationssatellitensystem-Positionsdaten, die die Position des Referenzpunktes (R) auf der Baumaschine an einer zweiten Position ( $x_2, y_2, z_2$ ), die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem (X, Y, Z) einnimmt, beschreiben, und der Richtung und Entfernung des Reflektors (14) an der ersten und zweiten Position ( $x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2$ ) beschreibenden Totalstationsdaten berechnet werden.

5. Selbstfahrende Baumaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Recheneinheit (11) der Positionsbestimmungseinrichtung (9) derart konfiguriert ist, dass die Position des Standpunktes (S) und die Orientierung der Totalstation (T) auf der Grundlage der mit der Totalstation gemessenen Richtung ( $H_{z1}$ ) zu dem Reflektor (14) auf der Baumaschine (1) und der Entfernung ( $a_1$ ) zwischen dem Standpunkt (S) der Totalstation (T) und dem Reflektor (14) in der ersten Position ( $x_1, y_1, z_1$ ), die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem (X, Y, Z) einnimmt, und der mit der Totalstation gemessenen Richtung ( $H_{z2}$ ) zu dem Reflektor (14) auf der Baumaschine und der Entfernung ( $a_2$ ) zwischen dem Standpunkt (S) der Totalstation (T) und dem Reflektor (14) in einer zweiten Position ( $x_2, y_2, z_2$ ), die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem (X, Y, Z) einnimmt, und den Navigationssatellitensystem-Positionsdaten an der ersten und zweiten Position ( $x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2$ ) berechnet werden.

6. Selbstfahrende Baumaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Recheneinheit (11) der Positionsbestimmungseinrichtung (9) derart konfiguriert ist, dass die Position des Standpunktes (S) und die Orientierung der Totalstation (T) auf der Grundlage der mit der Totalstation (T) gemessenen Richtung ( $H_{z1}$ ) zu dem Reflektor (14) auf der Baumaschine in einer ersten Position ( $x_1, y_1, z_1$ ), die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem (X, Y, Z) einnimmt, und der mit der Totalstation (T) gemessenen Richtung ( $H_{z2}$ ) zu dem Reflektor (14) auf der Baumaschine in einer zweiten Position ( $x_2, y_2, z_2$ ), die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem (X, Y, Z) einnimmt, und den Navigationssatellitensystem-Positionsdaten an der ersten, zweiten und dritten Position ( $x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2; x_3, y_3, z_3$ ) berechnet werden.

7. Selbstfahrende Baumaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (7) derart konfiguriert ist, dass die Antriebseinrichtung (8) derart gesteuert wird, dass der Abstand (d) zwischen der von der Soll-Wegstrecke (W) beschriebenen Soll-Position ( $P_{soll}$ ) und der Ist-Position ( $P_{ist}$ ) des Referenzpunktes (R) minimal ist.

8. Selbstfahrende Baumaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Baumaschine (1) eine Straßenfräse oder ein Recycler oder Stabilisierer oder Surface Miner ist, wobei die Arbeitseinrichtung eine mit Fräs- oder Schneidwerkzeugen bestückte Fräs-/Schneidwalze (6A) aufweist, oder dass die Baumaschine (1) ein Gleitschalungsfertiger ist, wobei die Arbeitseinrichtung eine Vorrichtung (6) zum Formen von fließfähigem Material aufweist, oder dass die Baumaschine (1) ein Straßenfertiger ist, wobei die Arbeitseinrichtung eine Einbaubohle zum Formen von Material aufweist.

9. Baumaschinen-System mit einer selbstfahrenden Baumaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und einer Totalstation (T).

10. Verfahren zum Steuern einer selbstfahrenden Baumaschine, die einen Maschinenrahmen (2), eine am Maschinenrahmen angeordnete Arbeitseinrichtung und eine Antriebseinrichtung (8) zum Antreiben der Baumaschine, so dass sich die Baumaschine in dem Gelände bewegt, aufweist, wobei das Verfahren die folgenden Verfahrensschritte aufweist:

Empfangen von Satellitensignalen von einem Navigationssatellitensystem,  
Bestimmen von Navigationssatellitensystem-Positionsdaten, die eine Position eines Referenzpunktes (R) auf der Baumaschine in einem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (X, Y, Z) beschreiben, auf der Grundlage der Satellitensignale des Navigationssatellitensystems,

Ansteuern der Antriebseinrichtung (8) der Baumaschine derart, dass sich der Referenzpunkt (R) auf der Baumaschine entlang einer vorgegebenen Soll-Wegstrecke (W) bewegt,

**dadurch gekennzeichnet**, dass

an einem Standpunkt (S) im Umkreis der Baumaschine eine Totalstation (T) aufgestellt wird und von der Totalstation (T) Totalstationsdaten empfangen werden,

für einen Totalstation-Steuerungsmodus, in dem die Steuerung der Baumaschine nicht auf der Grundlage der Satellitensignale des globalen Navigationssatellitensystems erfolgen soll, die Position des Standpunktes (S) und die Orientierung (O) der Totalstation (T) in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (X, Y, Z) beim Bewegen der Baumaschine aus den an unterschiedlichen Positionen der Baumaschine ermittelten Navigationssatellitensystem-Positionsdaten und Totalstationsdaten, die Richtung und/oder Entfernung eines auf der Baumaschine angeordneten Reflektors (14) beschreiben, berechnet wird, und in dem Totalstation-Steuerungsmodus die Positionen ( $x_n, y_n, z_n$ ) des Referenzpunktes (R) auf der Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (X, Y, Z) aus der Position des Standpunktes (S) und der Orientierung (O) der Totalstation (T) und der in dem Totalstation-Steuerungsmodus mit der Totalstation gemessenen Rich-

tung und Entfernung des Reflektors (14) bestimmt werden, wobei

in dem Totalstation-Steuerungsmodus die Antriebseinrichtung (8) auf der Grundlage der in dem Totalstation-Steuerungsmodus bestimmten Positionen  $(x_n, y_n, z_n)$  des Referenzpunktes (R) derart angesteuert wird, dass sich der Referenzpunkt (R) auf der Baumaschine (1) entlang einer vorgegebenen Soll-Wegstrecke (W) bewegt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Totalstationsdaten für die Bestimmung der Position des Standpunktes (S) und der Orientierung (O) der Totalstation (T) in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (X, Y, Z) während der Bewegung der Baumaschine (1) in aufeinanderfolgenden Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten  $(t_1, t_2, \dots, t_n)$  gespeichert werden, wobei die Position des Standpunktes (S) und die Orientierung (O) der Totalstation (T) fortlaufend berechnet werden.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Position des Standpunktes (S) und Orientierung (O) der Totalstation (T) auf der Grundlage der Navigationssatellitensystem-Positionsdaten, die die Position eines Referenzpunktes (R) auf der Baumaschine an einer ersten Position  $(x_1, y_1, z_1)$ , die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Koordinatensystem (X, Y, Z) einnimmt, beschreiben, und auf der Grundlage der Navigationssatellitensystem-Positionsdaten, die die Position eines Referenzpunktes (R) auf der Baumaschine an einer zweiten Position  $(x_2, y_2, z_2)$ , die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem (X, Y, Z) einnimmt, beschreiben, und den Totalstationsdaten an der ersten und zweiten Position  $(x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2)$  berechnet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Position des Standpunktes (S) und die Orientierung (O) der Totalstation (T) auf der Grundlage der mit der Totalstation gemessenen Richtung  $(H_{z1})$  zu dem Reflektor (14) auf der Baumaschine (1) und der Entfernung  $(a_1)$  zwischen dem Standpunkt (S) der Totalstation (T) und dem Reflektor (14) in der ersten Position  $(x_1, y_1, z_1)$ , die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem (X, Y, Z) einnimmt, und der mit der Totalstation gemessenen Richtung  $(H_{z2})$  zu dem Reflektor (14) auf der Baumaschine und der Entfernung  $(a_2)$  zwischen dem Standpunkt (S) der Totalstation (T) und dem Reflektor (14) in einer zweiten Position  $(x_2, y_2, z_2)$ , die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem (X, Y, Z) einnimmt, und

den Navigationssatellitensystem-Positionsdaten an der ersten und zweiten Position  $(x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2)$  berechnet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Position des Standpunktes (S) und die Orientierung (O) der Totalstation (T) auf der Grundlage

der mit der Totalstation (T) gemessenen Richtung  $(H_{z1})$  zu dem Reflektor (14) auf der Baumaschine in einer ersten Position  $(x_1, y_1, z_1)$ , die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem (X, Y, Z) einnimmt,

den mit der Totalstation (T) gemessenen Richtung  $(H_{z2})$  zu dem Reflektor (14) auf der Baumaschine in einer zweiten Position  $(x_2, y_2, z_2)$ , die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem (X, Y, Z) einnimmt, und

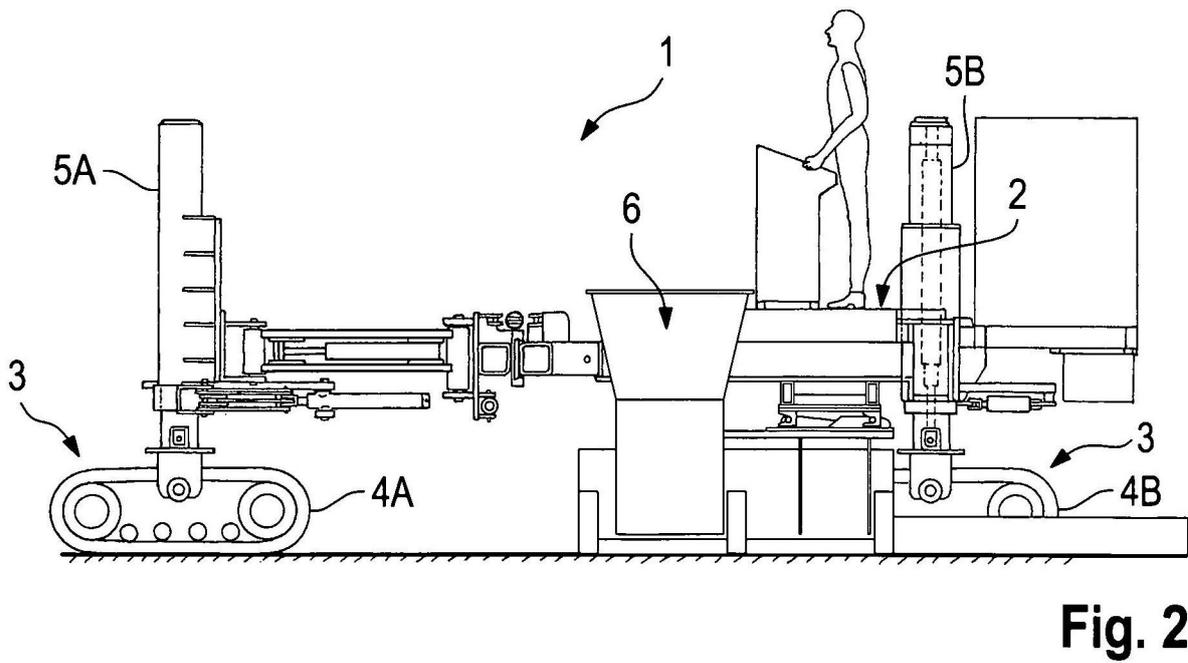
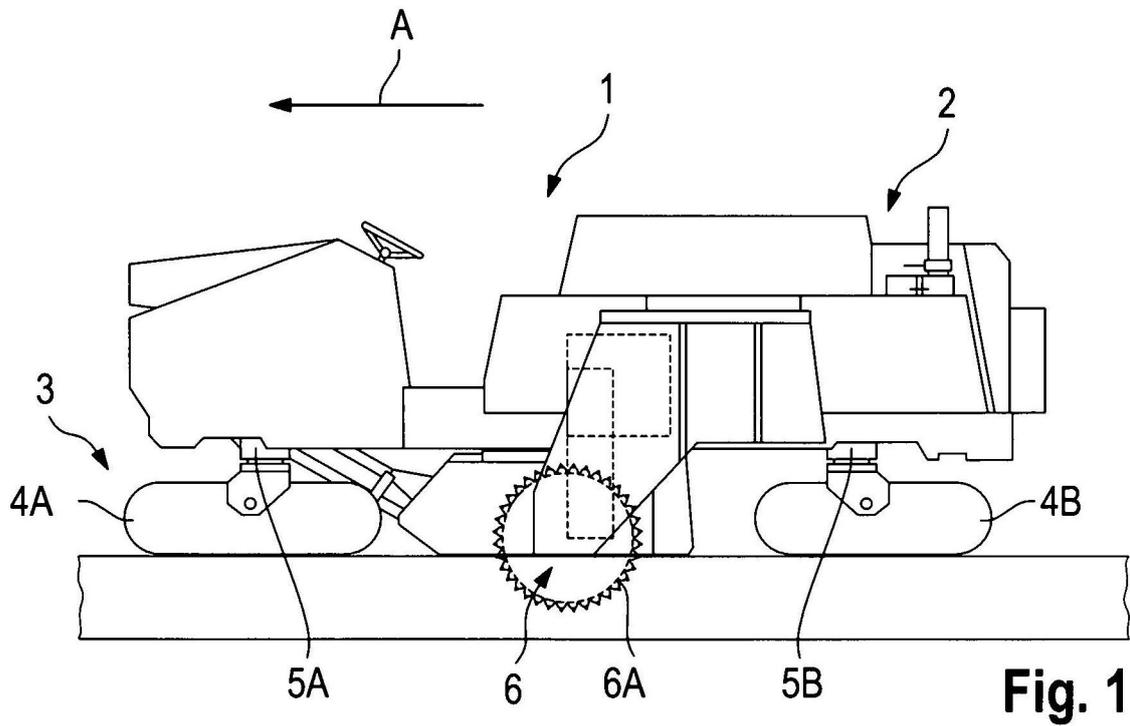
den mit der Totalstation (T) gemessenen Richtung  $(H_{z3})$  zu dem Reflektor (14) auf der Baumaschine in einer dritten Position  $(x_3, y_3, z_3)$ , die die Baumaschine in dem von der Baumaschine unabhängigen Satellitennavigations-Koordinatensystem (X, Y, Z) einnimmt, und

den Navigationssatellitensystem-Positionsdaten an der ersten, zweiten und dritten Position  $(x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2; x_3, y_3, z_3)$  berechnet werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebseinrichtung (8) derart angesteuert wird, dass der Abstand (d) zwischen der von der Soll-Wegstrecke (W) beschriebenen Soll-Position  $(P_{\text{soll}})$  und der Ist-Position  $(P_{\text{ist}})$  des Referenzpunktes (R) auf der Baumaschine minimal ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



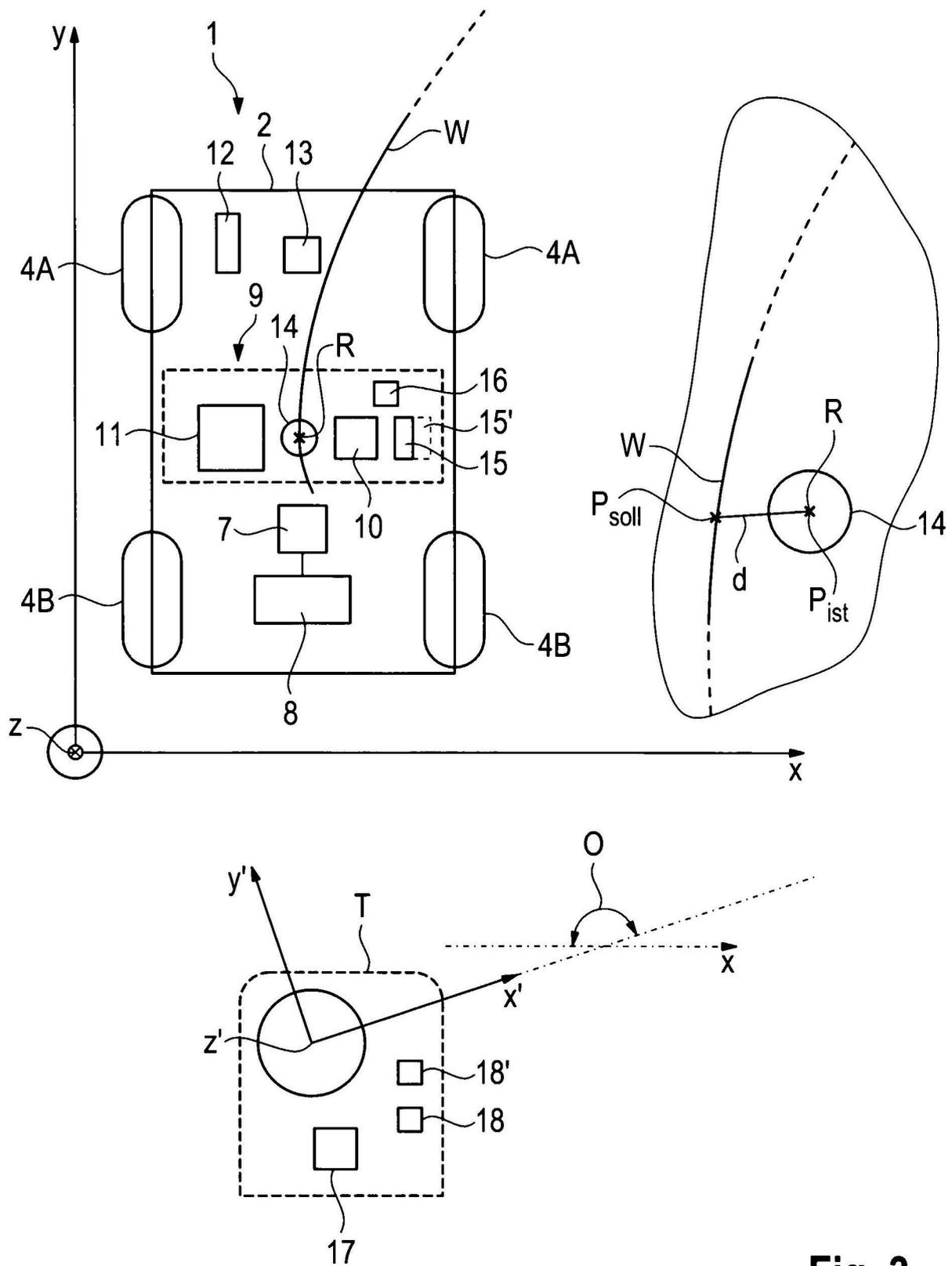


Fig. 3

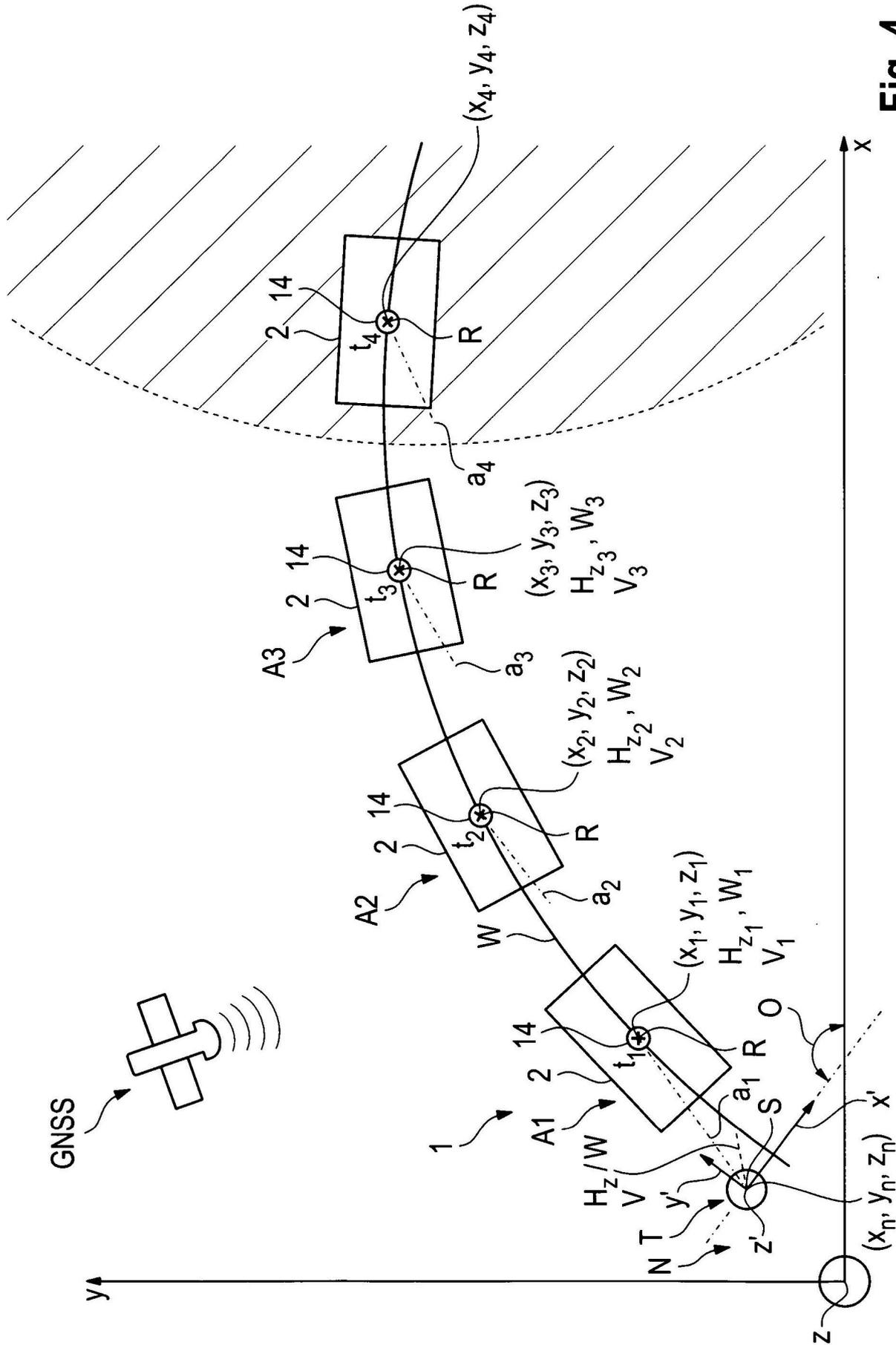


Fig. 4