



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.08.2023 Patentblatt 2023/32

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E01C 19/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23154187.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
E01C 19/006

(22) Anmeldetag: **31.01.2023**

(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: **MOBA Mobile Automation AG**
65555 Limburg (DE)

(72) Erfinder: **HORN, Alfons**
65555 Limburg (DE)

(74) Vertreter: **Pfitzner, Hannes et al**
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler
Zinkler, Schenk & Partner mbB
Patentanwälte
Radtkoferstraße 2
81373 München (DE)

(30) Priorität: **08.02.2022 DE 102022201294**

(54) **NIVELLIERSYSTEM FÜR EINE BAUMASCHINE**

(57) Nivelliersystem für eine Baumaschine, insbesondere eine Straßenbaumaschine oder einen Straßenfertiger (10), mit folgenden Merkmalen: einem Schichtdickenmesssystem (110, 14), das ausgebildet ist, eine aktuelle Schichtdicke zu messen und entsprechende Ist-Schichtdickenwerte für eine Mehrzahl an Positionen zu bestimmen, einen Prozessor (130), der ausgebildet

ist, auf Basis eines Schichtdickenprofils (120), umfassend eine Mehrzahl an Soll-Schichtdickenwerten ($S_{\text{soll}1}$, $S_{\text{soll}2}$, ...) zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen, sowie der Ist-Schichtdickenwerte für die Positionen Steuerungswerte je Position zur Höhenregelung eines Werkzeugs der Baumaschine zu bestimmen.

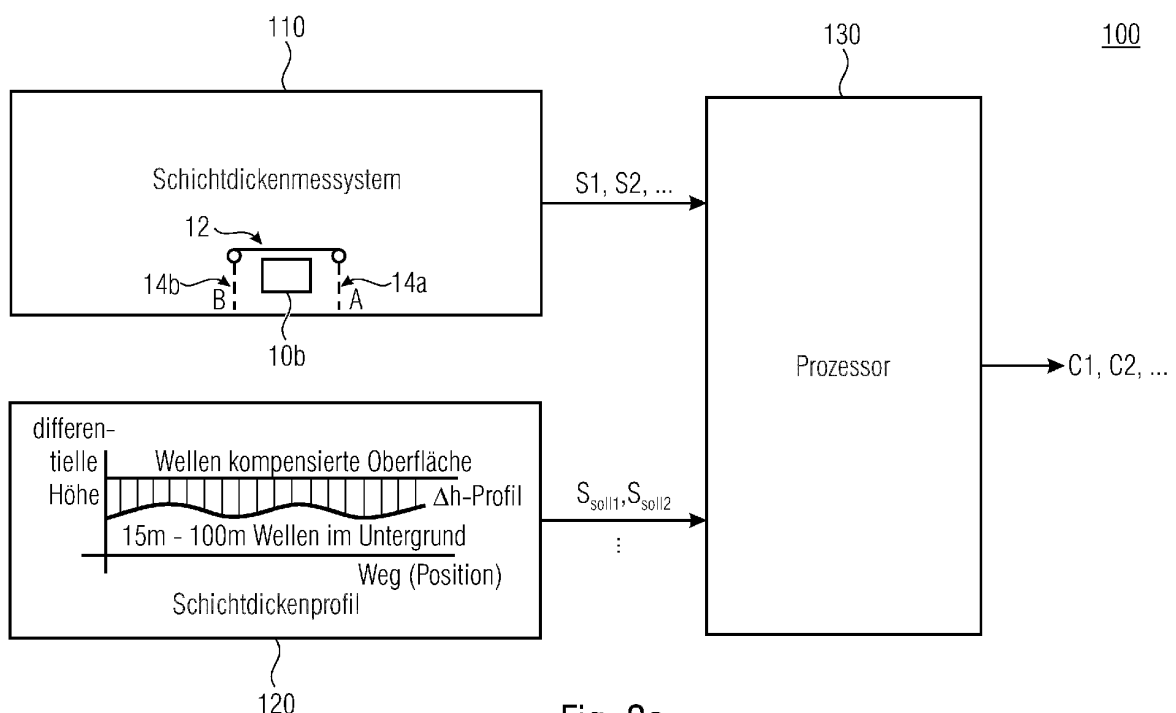


Fig. 2a

Beschreibung

[0001] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf ein Nivelliersystem für eine Baumaschine, insbesondere eine Straßenbaumaschine, wie zum Beispiel einen Straßenfertiger oder eine Straßenfräse. Bevorzugte Ausführungsbeispiele beziehen sich auf ein Nivelliersystem mit einem Schichtdickenmesssystem.

[0002] Weitere Ausführungsbeispiele beziehen sich auf eine Baumaschine (Straßenbaumaschine, wie Straßenfertiger oder Straßenfräse) mit einem entsprechenden Nivelliersystem. Ein weiteres Ausführungsbeispiel bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Bestimmung eines Schichtdickenprofils. Weitere Ausführungsbeispiele beziehen sich auf die entsprechenden Verfahren zur Nivellierung und zur Bestimmung eines Schichtdickenprofils und entsprechende Computerprogramme.

[0003] Nivelliersysteme werden beispielsweise bei Straßenbaumaschinen, wie zum Beispiel Straßenfertigern oder Straßenfräsen eingesetzt. Durch die Verwendung von Nivelliersystemen wird beispielsweise bei Straßenfertigern die Höhe des Einbauwerkzeugs (der Einbaubohle) sowie die Neigung derart gesteuert, dass die eingebaute Schicht mit der entsprechenden Schichtdicke und Neigung eingebaut wird. Durch das Nivelliersystem werden Unebenheiten im Untergrund entsprechend ausnivelliert. Hierbei wird während des Einbauvorgangs eine entsprechende Ist-Höhe des Straßenfertigers bzw. des Einbauwerkzeugs (Bohle) gegenüber dem Untergrund bzw. gegenüber der bereits aufgetragenen Schicht abgetastet, um in Abhängigkeit von Untergrundvariationen das Einbauwerkzeug entsprechend steuern zu können. Folglich kommt bei Nivelliersystemen eine parallel zur Fahrtrichtung verlaufende Sensorhalterung zum Einsatz, die sich beispielsweise über eine Länge von 12 m erstreckt. Eine solche Sensorhalterung ist in Fig. 1a dargestellt. Fig. 1a zeigt einen Straßenfertiger 10 mit einer Sensorhalterung 12 und hier vier Sensoren 14a-d. Der Sensor 14b ist hinter der Bohle 10b angeordnet. Durch die dargestellte Sensorhalterung mit den vier Sensoren 14a-d können Wellen im Bereich von 4 bis 8 m gut abgetastet und dann ausgeglichen werden.

[0004] Für entsprechend längere Wellen kann eine zusätzliche Höhenregelung mittels einer Totalstation erfolgen, wie es in Fig. 1b illustriert ist. Fig. 1b zeigt einen Straßenfertiger 10 mit einer Bohle 10b. Die Höheneinstellung der Bohle wird am Zugpunkt 10z über den Zugpunktzyylinder 10zz gesteuert, wie es beispielsweise auch schon im Zusammenhang mit Fig. 1a erläutert wurde. Darüber hinaus oder alternativ kann die Höhe der Bohle 10b auch unter Verwendung der Komponenten 14a1 und 14a2 sowie 14t gesteuert werden. Durch die Totalstation 14t wird eine externe Referenz eingeführt, die einen Laserstrahl in einer vorgegebenen Höhe emittiert. Dieser z.B. parallel zum Untergrund oder einer Referenz emittierte Laserstrahl wird dann durch den Hözensensor 14a1 direkt empfangen bzw. indirekt nach

Reflexion durch das 360°-Prisma 14a2. Dadurch lässt sich die Ist-Höhe der Bohle in Bezug auf eine ortsfeste Referenzhöhe bestimmen. Infolge der ortsfesten Referenzhöhe unterliegt die Ist-Höhe nicht langwelligen Schwankungen, die mittels der Sensoranordnung aus Fig. 1 nicht detektiert werden können. Ferner ist es durch die Nutzung der Totalstation als virtuelle Referenz möglich, auf andere Referenzen, wie zum Beispiel Schnüre, etc. zu verzichten. Nachteilig an der Verwendung der Totalstation ist, dass diese aufwändig kalibriert werden muss, und man gerade bei längeren Straßenzügen häufig nicht mit einer Totalstation auskommt. Deshalb besteht der Bedarf nach einem verbesserten Ansatz.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Nivellierung oder allgemein eine Höhenregelung für Baumaschinen zu schaffen, die einen besseren Kompromiss aus Ergonomie, Genauigkeit und Ausregelungsvermögen für lange Wellen bietet.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird durch den Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

[0007] Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung schaffen ein Nivelliersystem für eine Baumaschine, insbesondere eine Straßenbaumaschine oder einen Straßenfertiger oder eine Straßenfräse. Das Nivelliersystem umfasst ein Schichtdickenmesssystem sowie einen Prozessor. Das Schichtdickenmesssystem ist ausgebildet, eine aktuell aufzutragende oder abzutragende Schichtdicke zu messen und entsprechende (prognostizierte) Ist-Schichtdickenwerte für eine Mehrzahl an Positionen (z.B. entlang einer Fahrtrichtung der Baumaschine) zu bestimmen. Hierbei werden also beispielsweise mehrere aktuelle Schichtdickenwerte für eine Mehrzahl an (hintereinander aufgereihten) Positionen erhalten. In anderen Worten kann man diese Mehrzahl an Schichtdickenwerten als Ist-Schichtdickenprofil bezeichnen. Der Prozessor ist ausgebildet, um auf Basis eines Schichtdickenprofils (Soll-Schichtdickenprofils), umfassend eine Mehrzahl an Soll-Schichtdickenwerten zugeordnet zu der Mehrzahl der Positionen, sowie der (prognostizierte) Ist-Schichtdickenwerte für die entsprechenden Positionen Steuerungswerte je (weitere) Position zur Höhenregelung eines Werkzeugs der Baumaschine, z. B. der Bohle oder der Fräswalze zu bestimmen.

[0008] Es sei angemerkt, dass je nach Messsystem der Ist-Schichtdickenwert ausgehend von der aktuell gemessenen Schichtdicke prognostiziert sein kann, da die einzelnen Sensoren vor der Bohle den Untergrund ohne aufgetragene Schicht abtasten. Die Prognose erfolgt anhand der gemessenen Höhenwerte je Position. Ohne Regelung würde an den entsprechenden Positionen die prognostizierte Ist-Schichtdicke generiert. Diese ist beim Schichtabtrag (Straßenfräse) beispielsweise negativ, beim Schichtauftrag (Straßenfertiger) positiv. Durch entsprechende Regelung basierend auf den o.g. Soll-Schichtdickenwerten kann eine Variation erfolgen.

[0009] Entsprechend der Ausführungsbeispiele werden die Steuerungswerte je Position zur Höhenregelung

des Werkzeugs so bestimmt, dass das Werkzeug in Entsprechung des Soll-Schichtdickenprofils gesteuert wird. Entsprechend Ausführungsbeispielen wird darüber hinaus das Werkzeug durch die Steuerungswerte so gesteuert, dass eine Abweichung zwischen dem Ist-Schichtdickenwertprofil und dem Soll-Schichtdickenwertprofil bzw. dem Ist-Schichtdickenwert und dem Soll-Schichtdickenwert je entsprechender Position ausgeregelt wird.

[0010] Entsprechend Ausführungsbeispielen sind die Steuerungswerte je Position so gewählt, dass im eingeschwungenen Zustand des Werkzeugs der Ist-Schichtdickenwert je Position im Wesentlichen dem Soll-Schichtdickenwert entspricht. "Im Wesentlichen" heißt beispielsweise $\pm 20\%$, $\pm 10\%$, $\pm 5\%$, $\pm 3\%$ oder $\pm 1\%$, das heißt also, dass eine Abweichung von maximal $\pm 1\%$, $\pm 3\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ oder $\pm 20\%$ (je nach Variante) zulässig ist. Hierzu werden entsprechend Ausführungsbeispielen die Steuerungswerte so abgeleitet, dass unter Berücksichtigung der Regelungsstrecke (Versatz zwischen Position der Regelung und vollendeter Ausregelung, z. B. Versatz zwischen Drehpunkt bzw. virtuellem Drehpunkt bzw. Bohlenhinterkante und Zugpunkt) des Werkzeugs entlang einer Fahrtrichtung der Baumaschine die Höhenregelung des Werkzeugs erfolgt. Entsprechend Ausführungsbeispielen wird je Position ausgehend von einer Abweichung zwischen dem Soll-Schichtdickenwert und dem Ist-Schichtdickenwert eine Art Korrekturwert ermittelt. Dieser Korrekturwert wird angewendet, wobei aufgrund des erläuterten Versatzes keine Anwendung auf die aktuelle Position (des Ist-Schichtdickenwertes), sondern auf eine "zukünftige" bzw. weitere Position erfolgt. Insofern wird für die "zukünftige" Position die Höhe des Werkzeuges basierend auf dem Korrekturwert und dem Soll-Schichtdickenwert für die entsprechende weitere Position bestimmt. Beispielsweise sind die Steuerungswerte je (weitere) Position so gewählt, dass das Werkzeug in Entsprechung des Soll-Schichtdickenprofils bei Erreichen der (weiteren) Position angehoben und/oder abgesenkt wird/ist, um je Position an einer Position in Entsprechung an den Soll-Schichtdickenwert bewegt zu werden. Zusätzlich können die Steuerungswerte je weitere Position so gewählt sein, dass eine aktuelle Abweichung zwischen einem Ist-Schichtdickenwert und einem Soll-Schichtdickenwert ausgeglichen bzw. berücksichtigt wird.

[0011] Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung liegt also die Erkenntnis zugrunde, dass statt oder additiv der Regelung auf einem fixen Höhenwert eine Regelung auf variierende Soll-Höhenwerte entsprechend eines Schichtdickenprofils geregelt wird, um langwellige Unebenheiten auszugleichen. Hierzu wird ausgehend von den z. B. im Vorfeld abgetasteten Unebenheiten ein Soll-Schichtdickenprofil abgetastet, das bei Aufbringen auf den Unebenheiten dann zusammen mit den Unebenheiten eine ebene Oberfläche ausbildet. Beispielsweise wird an Stellen eines Unebenheitenberges eine dünnere Soll-Schichtdicke vorgesehen als an Stellen

des Unebenheitentales. Das gilt insbesondere für Straßenfertiger oder andere Baumaschinen, die eine Oberfläche aufbringen. Im Falle einer Straßenfräse, bzw. allgemeiner der Maschine, die eine Oberfläche abträgt, entspricht das Soll-Schichtdickenprofil dem Profil, das von der Oberfläche abgetragen werden soll. Hier wird dann bei einem Unebenheitenberg mehr Material abgetragen als beim Unebenheitental.

[0012] In beiden Fällen wird im Resultat eine Oberfläche geschaffen, die gerade was langwellige Unebenheiten betrifft, eben ist. Durch den kontinuierlichen (Soll/Ist)-Abgleich wird ein Driften vermieden. Darüber hinaus ist der Aufwand vor Ort auch reduziert, da auf Maßnahmen wie Totalstationen, etc. verzichtet werden kann.

[0013] Das heißt also, dass entsprechend Ausführungsbeispielen der oben erläuterte Prozessor dazu ausgebildet ist, die Steuerungswerte aus dem Schichtdickenprofil so abzuleiten, dass auf einem (unebenen bzw. welligen) Untergrundprofil eine durch das Werkzeug zu glättende oder eine durch das Werkzeug aufzubringende Schicht eine ebene Oberfläche entlang einer Fahrtrichtung der Baumaschine ausbildet. Das erfolgt vorteilhafterweise, wie eben erläutert, auch bei langwelligen Unebenheiten. An dieser Stelle sei angemerkt, dass die aufzubringende (einzubauende) Schicht bzw. die zu glättende Schicht neben der ersten Dimension entlang der Fahrtrichtung auch eine zweite Dimension quer zur Fahrtrichtung aufweisen kann. Die Steuerungswerte werden aus dem Schichtdickenprofil so abgeleitet, dass auf dem Untergrundprofil eine durch das Werkzeug aufzubringende (einzubauende) oder zu glättende Schicht eine ebene Oberfläche entlang einer aufgespannten Ebene ausbildet. Die Ebene erstreckt sich entlang der ersten und der zweiten Dimension. Das erfolgt entsprechend Ausführungsbeispielen beispielsweise dadurch, dass das Werkzeug in seiner Höhe sowohl auf der ersten Seite als auch auf der zweiten Seite der Baumaschine (linksrechts) gesteuert werden kann. Das Werkzeug, wie zum Beispiel die Bohle erstreckt sich von der ersten Seite zu der zweiten Seite der Baumaschine bzw. über die erste und zweite Seite der Baumaschine hinaus und schafft eine ebene Oberfläche. Je nach Höhe der zwei Aktoren für das Werkzeug bzw. je nach relativer Höhe der zwei Aktoren für das Werkzeug erfolgt eine Neigungsanpassung. Die Steuerungswerte für die zwei Aktoren werden in Abhängigkeit der Sollneigung sowie in Abhängigkeit des zweidimensionalen Untergrundprofils entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen festgelegt. Das heißt also, dass entsprechend Ausführungsbeispielen das Schichtdickenmesssystem zusammen mit dem Prozessor einen ersten Regelkreis für eine erste Seite (links oder rechts des Werkzeugs) bildet. Das Schichtdickenmesssystem (oder ein weiteres Schichtdickenmesssystem) bilden mit dem Prozessor einen zweiten Regelkreis für eine zweite (andere) Seite des Werkzeugs. Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen interagieren die zwei Regelkreise zusammen, um für Zwischenpositio-

nen zwischen der ersten und der zweiten Seite des Werkzeugs das Werkzeug entsprechend zu steuern, so dass für Zwischenpositionen im eingeschwungenen Zustand die Ist-Schichtdicke im Wesentlichen der Soll-Schichtdicke entspricht.

[0014] Das Schichtdickenmesssystem kann entsprechend einer einfachen Variante durch zwei Höhensensoren gebildet sein, wobei der erste Höhensensor beispielsweise hinter der Bohle angeordnet ist und auch die aufgebrachte bzw. nivellierte Schicht misst und einen entsprechenden Höhenwert bestimmt, während der zweite Höhensensor vor der Bohle angebracht ist und einen Höhenwert gegenüber dem Untergrund bzw. der noch nicht nivellierten Schicht bestimmt. Wenn man vom vereinfachten Fall eine vergleichbare Anbringungshöhe ausgeht, kann z.B. durch Differenzbildung die Schichtdicke bestimmt werden. Im Falle einer nicht-identischen Anbringungshöhe kann entweder mit Offsets gearbeitet werden, was dann zu sehr genauen Ergebnissen führt, wenn auch die Abstände entlang der Fahrtrichtung zwischen Sensor und Drehpunkt gleich sind. Bezüglich Drehpunkt sei darauf hingewiesen, dass dieser beispielsweise durch die Bohlenhinterkante geformt sein kann. Durch Berücksichtigung des Strahlensatzes sind selbstverständlich auch Anordnungen mit unterschiedlichen Abständen möglich. Entsprechend Ausführungsbeispielen sind die zwei Höhensensoren fest mit der Bohle verbunden, wobei "fest" dahin gehend zu interpretieren ist, dass eine fest vorgegebene geometrische Beziehung zwischen Bohle und Sensoren vorliegt. Durch die Aufhängung bewegen sich die zwei Sensoren zusammen mit der Bohle, das heißt sie rotieren zusammen und erfahren die gleiche Hubbewegung (wie die Bohle).

[0015] Entsprechend Ausführungsbeispielen weist die Sensoranordnung mindestens zwei oder sogar mindestens drei oder sogar mindestens vier Sensoren auf, welche an einem Träger angeordnet sind, der sich entlang der Fahrtrichtung der Baumaschine erstreckt. In dieser Sensoranordnung kann entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen das Schichtdickenmesssystem integriert sein

[0016] Entsprechend Ausführungsbeispielen ist also das Schichtdickenprofil in Abhängigkeit eines Untergrundprofils bestimmt. Das Untergrundprofil hat ebenfalls eine erste Dimension entlang der Fahrtrichtung und kann auch eine zweite Dimension quer zur Fahrtrichtung aufweisen. Entsprechend Ausführungsbeispielen wird dieses Untergrundprofil im Vorfeld abgetastet, so dass auch (im Vorfeld oder in Realtime) eine entsprechende Bestimmung des Schichtdickenprofils mit den Soll-Schichtdickenwerten je Position erfolgen kann. Hierdurch kann also dann das Schichtdickenprofil über die Positionen und/oder entlang der Fahrtrichtung variierende Soll-Schichtdickenwerte aufweisen.

[0017] Wie oben bereits erwähnt, ist jeder Soll-Schichtdickenwert einer Position zugeordnet, für die auch ein Ist-Schichtdickenwert bestimmbar ist. Die Bestimmung der entsprechenden Position erfolgt beispiels-

weise mit einem Positionssensor oder GNSS-Sensor. Dieser kann entsprechend Ausführungsbeispielen mit dem Werkzeug/der Bohle gekoppelt sein oder alternativ auch mit der Baumaschine. Der Positionssensor bzw. GNSS-Sensor ist ausgebildet, um die Positionen für die Ist-Schichtdickenwerte zu bestimmen, insbesondere Positionen entlang der Fahrtrichtung.

[0018] Nachfolgend werden weitere Aspekte bezüglich der Regelung erläutert. Es sei darauf hingewiesen, dass entsprechend Ausführungsbeispielen eine Mindestschichtdicke in dem Schichtdickenprofil vorgesehen sein kann. Diese Mindestschichtdicke definiert also den Soll-Schichtdickenwert an einem Wellenberg des Untergrundprofils. Die Steuerungswerte werden entsprechend der vorgegebenen Mindestschichtdicke je Position abgeleitet.

[0019] Der oben erläuterte Ansatz ermöglicht also vorteilhafterweise eine Nivellierung einer Schichtdicke, z. B. einer aufzutragenden Schicht bzw. einer abzutragenden Schicht, die besonders langwellige Unebenheiten ausregelt. Diese Nivellierung bedarf in der Basisvariante nicht-herkömmliche Nivellieretechnik eines konventionellen Nivelliersystems. Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann das erläuterte Nivelliersystem mit einem konventionellen Nivelliersystem kombiniert werden bzw. in ein konventionelles Nivelliersystem integriert sein. Anders ausgedrückt heißt das, dass das oben erläuterte Nivelliersystem Funktionalitäten eines konventionellen Nivelliersystems aufweisen kann. Das heißt also, dass entsprechend Ausführungsbeispielen der Prozessor des oben erläuterten Nivelliersystems einen Ebenheitsregler aufweist, der ausgebildet ist, unter Verwendung von Sensorwerten die Steuerungswerte zu bestimmen, so dass eine ebene Oberfläche hergestellt wird. Wie bereits im Zusammenhang mit dem Stand der Technik erläutert, kann der Ebenheitsregler beispielsweise mehrere Abstandssensoren aufweisen, die längs der Fahrtrichtung der Baumaschine angeordnet sind und einen Abstand zu dem Untergrund messen. Vorteilhaft ist, dass das beispielsweise einzusetzende Schichtdickenmesssystem vergleichbare oder dieselben Abstandssensoren verwendet. Entsprechend Ausführungsbeispielen kann nämlich das Schichtdickenmesssystem auf zwei Abstandssensoren basieren, die um den Drehpunkt der Bohle, das heißt also einmal vor der Bohle und einmal hinter der Bohle angeordnet sind und beispielsweise die Schichtdicke durch die Differenz der zwei Höhenwerte bestimmen. Weitere Implementierungen mit anderen Konstellationen werden im Nachgang noch erläutert. Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann der Prozessor eine Regelstrecke aufweisen, die beispielsweise ein P-Glied und/oder ein IT-Glied und/oder ein PT-Glied aufweist. Additiv oder alternativ kann die Regelstrecke auch mittels eines Vorhersagemodells geregelt werden. Gerade dieses Vorhersagemodell ist besonders vorteilhaft für den oben erläuterten Nivellieransatz auf Basis der Schichtdickenwerte, da zwischen Regelungszeitpunkt und tatsächlich erfolgter Änderung des aufge-

brachte Schichtdickenprofils ein zeitlicher bzw. insbesondere ein örtlicher Versatz von einigen Zentimetern oder sogar Metern liegt. Dieser Versatz ist abhängig von Parametern wie Bohlenanschrägungswinkel, Geschwindigkeit der Baumaschine, Asphalttemperatur, Asphaltstärke, etc. Diese Abhängigkeiten können unter Verwendung des Vorhersagemodells mitberücksichtigt werden.

[0020] Ein weiteres Ausführungsbeispiel bezieht sich auf eine Baumaschine bzw. eine Straßenbaumaschine oder einen Straßenfertiger mit entsprechendem Nivelliersystem. Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann auch eine Straßenfräse oder eine Baumaschine mit Fräsfunktion und einem entsprechenden Nivelliersystem geschaffen werden.

[0021] Weitere Ausführungsbeispiele beziehen sich auf eine Vorrichtung sowie eine Berechnungseinheit zur Bestimmung des Schichtdickenprofils (umfassend die Mehrzahl an Schichtdickenwerten zugeordnet zu der Mehrzahl an Positionen). Die Vorrichtung umfasst eine Schnittstelle sowie eine Berechnungseinheit. Die Schnittstelle ist ausgebildet zum Empfangen eines Untergrundprofils (z. B. eines abgetasteten Untergrundprofils) umfassend eine Mehrzahl an Höhenwerten zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen. Ferner wird über diese Schnittstelle oder eine weitere Schnittstelle die zumindest eine Sollhöhe oder Solltiefe empfangen. Beispielsweise kann die Sollhöhe durch einen Soll-Höhenwert oder mehrere Soll-Höhenwerte zugeordnet zu mehreren Positionen definiert sein. Bei konventionellen Nivelliersystemen bzw. Schichtdickenmesssystemen wurde eine Mindestschichtdicke festgelegt. Diese entspricht beispielsweise der Sollhöhe. Die Berechnungseinheit ist ausgebildet zur Bestimmung des Schichtdickenprofils auf Basis einer Differenz zwischen der Mehrzahl an Höhenwerten zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen und der zumindest einen Sollhöhe oder Solltiefe oder einer Referenz durch die zumindest eine Sollhöhe oder Solltiefe. Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen umfasst die Vorrichtung eine Ausgabeschnittstelle zum Bereitstellen bzw. Exportieren des Schichtdickenprofils an eine Baumaschine. An dieser Stelle sei noch einmal angemerkt, dass die Sollhöhe entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen auch durch mehrere Soll-Höhenwerte zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen definiert sein kann bzw. die zumindest eine Solltiefe durch mehrere Solltiefenwerte zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen definiert sein kann. Dies ist insbesondere dann relevant, wenn sich unterschiedliche Sollhöhen für links und rechts oder entlang der Fahrtrichtung ergeben, um eine Neigung einzustellen. Entsprechend Ausführungsbeispielen definieren die mehreren Soll-Höhenwerte bzw. der eine Soll-Höhenwert eine Ebene bzw. 3D-Ebenen einer zu glättenden oder herzustellenden (einzubauenden) Schicht.

[0022] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen wird ein Verfahren zur Nivellierung für eine Baumaschine geschaffen. Das Verfahren umfasst die Schritte:

- Messen einer aktuellen aufzutragenden oder abzutragenden Schichtdicke und Bestimmen entsprechender (prognostizierter) Ist-Schichtdickenwerte für eine Mehrzahl an Positionen,
- Bestimmen von Steuerungswerten je Position zur Höhenregelung eines Werkzeugs der Baumaschine auf Basis eines Schichtdickenprofils, umfassend eine Mehrzahl an Soll-Schichtdickenwerten zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen, sowie der (prognostizierten) Ist-Schichtdickenwerte für die Positionen.

[0023] Ein weiteres Ausführungsbeispiel bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung des Schichtdickenprofils mit folgenden Schritten:

- Empfangen eines Untergrundprofils, umfassend eine Mehrzahl an Höhenwerten, zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen;
- Empfangen zumindest einer Sollhöhe oder Solltiefe; und
- Bestimmung des Schichtdickenprofils auf Basis einer Differenz zwischen der Mehrzahl an Höhenwerten zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen und der zumindest einen Sollhöhe oder Solltiefe oder einer Referenz definiert durch die zumindest eine Sollhöhe oder Solltiefe.

[0024] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann das Verfahren computerimplementiert sein.

[0025] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der Figuren erläutert. Es zeigen:

- | | | |
|----|----------------|--|
| 35 | Fig. 1a | eine schematische Darstellung einer Baumaschine mit einem Messsystem für ein Nivelliersystem; |
| 40 | Fig. 1b | eine schematische Darstellung einer Baumaschine mit einem Nivelliersystem; |
| 45 | Fig. 2a | eine schematische Blockdarstellung eines Nivelliersystems gemäß einem Basisausführungsbeispiel; |
| 50 | Fig. 2b | eine schematische Darstellung eines Schichtdickenmesssystems gemäß Ausführungsbeispielen; |
| 55 | Fig. 2c und 2d | schematische Darstellungen eines Nivelliersystems unter Verwendung eines Schichtdickenmesssystems gemäß erweiterten Ausführungsbeispielen; |
| | Fig. 2e. | eine schematische Darstellung eines Schichtdickenmesssystems gemäß |

- Ausführungsbeispielen;
- Fig. 3a und 3b schematische Darstellungen von Untergrundprofilen und Schichtdickenprofilen zur Erläuterung von Ausführungsbeispielen;
- Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Untergrundprofils in der Kombination mit einem Soll-Schichtdickenprofil mit zugeordneten Parametern zur Erläuterung von Ausführungsbeispielen;
- Fig. 5a und 5b schematische Blockdiagramme von Nivelliersystemen gemäß erweiterten Ausführungsbeispielen;
- Fig. 6a und 6b schematische Darstellungen zur Erläuterung des Regelverhaltens einer Bohle als Werkzeug einer Baumaschine;
- Fig. 7a und 7b eine schematische Darstellung eines Nivelliersystems beim Einsatz für eine Fräsmaschine gemäß Ausführungsbeispielen;
- Fig. 8a und 8b schematische Darstellungen zusammen mit Messwerten zur Erläuterung der Kompensation von langen Wellen gemäß Ausführungsbeispielen; und
- Fig. 9 ein schematisches Blockdiagramm zur Erläuterung des Kalibrierprozesses bei einem Nivelliersystem gemäß Ausführungsbeispielen.

[0026] Bevor nachfolgend Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen erläutert werden, sei darauf hingewiesen, dass gleichwirkende Elemente und Strukturen mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind, so dass die Beschreibung derer aufeinander anwendbar bzw. austauschbar ist.

[0027] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen ein Nivelliersystem. Das Nivelliersystem kann vorteilhafterweise bei einer Baumaschine, insbesondere einem Straßenfertiger 10, wie er in Fig. 1a und 1b gezeigt ist, eingesetzt werden.

[0028] Das Nivelliersystem 100 ist in Fig. 2a schematisch dargestellt. Das Nivelliersystem 100 umfasst ein Schichtdickenmesssystem 110 sowie einen Prozessor 130. Das Schichtdickenmesssystem 110 ist hier noch einmal exemplarisch skizziert. Es umfasst beispielsweise einen Träger 12, der an der Bohle 10b der Baumaschine angeordnet ist und zwei Abstandsmessgeräte 14a und 14b, z. B. Ultraschallsensoren, trägt. Der erste Ultraschallsensor 14a ist in Fahrtrichtung gesehen vor

der Bohle angeordnet, während der zweite Ultraschallsensor 14b in Fahrtrichtung gesehen hinter der Bohle angeordnet ist. Jeder dieser Sensoren 14a und 14b ermittelt den Abstand A bzw. B gegenüber dem Untergrund bzw. gegenüber der aufgetragenen Schicht. Durch Differenzbildung der zwei Abstände A und B kann dann die Schichtdicke bestimmt werden. Details hierzu werden nachfolgend noch erläutert. Die ermittelten Schichtdickenwerte $S_1, S_2, \dots$ für die Positionen $P_1, P_2, \dots$ entlang der Fahrtrichtung werden dem Prozessor 130 übergeben. Darüber hinaus erhält der Prozessor 130 ein (Soll-) Schichtdickenprofil 120. Das Schichtdickenprofil 120 umfasst Soll-Schichtdickenwerte $S_{\text{soll}1}, S_{\text{soll}2}, \dots$ für die jeweiligen Positionen. Das Schichtdickenprofil 120 umfasst, wie hier in Block 120 oder auch in Fig. 3a dargestellt, Differenzhöhen aufgetragen über die einzelnen Positionen, die zusammen mit dem Untergrund 122 eine plane Schicht ausbilden. Der Untergrund 122 weist, wie in Fig. 3b dargestellt, Wellen, hier lange Wellen im Bereich von 15 bis 100 m, auf. Die Wellentale sind mit 122t, die Wellenberge mit 122b markiert. Im Bereich der Wellentale 122t wird eine größere Schichtdicke vorgesehen, während im Bereich der Wellenberge 122b eine kleinere Schichtdicke vorgesehen ist.

[0029] Der Prozessor 130 ermittelt die Steuerungswerte $C_1, C_2, \dots$ zugeordnet zu den einzelnen Positionen so, dass das Werkzeug, hier die Bohle 10b, in die entsprechende Höhe gesteuert wird, um die entsprechenden Soll-Werte $S_{\text{soll}1}, S_{\text{soll}2}, \dots$ die Positionen anzufahren. Die Steuerungswerte $C_1, C_2, \dots$ wirken auf die Zugpunktverstellung ein und heben somit im Resultat die Bohle an oder senken sie ab. Die Steuerungswerte können beispielsweise konkrete Distanzangaben sein, um wie viel der Zugpunkt verstellt werden soll. Sowohl positive als auch negative Steuerungswerte wären in diesem Fall denkbar, da der Zugpunkt sowohl angehoben als auch abgesenkt werden kann. Beispielsweise kann ein solcher Steuerungswert direkt proportional zu der ermittelten Differenz zwischen den Soll-Schichtdicken und Ist-Schichtdicken sein. Es ist entsprechend Ausführungsbeispielen ein Übersetzungsverhältnis zu berücksichtigen, da je nach Geometrie der Bohlenaufhängung eine Zugpunktverstellung zu x-Längeneinheiten (Bohlenverstellung x z. B. zwischen 0,1 und 10 oder 0,01 und 100) führt. Je nach Geometrie kann auch eine indirekte Proportionalität vorgesehen sein. Entsprechend einer weiteren Variante wäre es auch denkbar, dass die Steuerungswerte nur angeben, dass eine Zugpunktanhebung oder eine Zugpunktabsenkung notwendig ist. Hierbei handelt es sich dann um eine binäre Regelung bzw. um eine Regelung mit drei Zuständen (-1 Absenken, +1 Anheben und 0 keine Änderung des Zugpunkts). Auch kann diese Art der Steuerungswerte mit den oben erläuterten Steuerungswerten kombiniert werden, so dass beispielsweise für das Absenken und das Anheben jeweils zwei oder drei (allgemein mehrere) mögliche Steuerungswerte denkbar sind, die den Grad der Veränderung angeben. Wie bereits anhand von Fig. 1b ersichtlich ist, wird über

den Zugpunktzylinder 10zz zwar die Höhe des Zugpunktes 10z eingestellt, was aber nur einen indirekten Einfluss auf die Höhe der Bohle 10b bzw. insbesondere der Bohlenhinterkante 10bk hat.

[0030] Ausgehend von der Steuerung 130 unter Berücksichtigung des Schichtdickenprofils 120 wird also theoretisch eine perfekte Oberfläche ausgebildet. Da in der Praxis die Höhe des Werkzeugs und damit die aufgebrachte Schichtdicke noch von weiteren Parametern neben der eingestellten Höhe am Zugpunktzylinder 10zz (aktuelle Zugpunkteinstellung) abhängt, wird gemäß Ausführungsbeispielen die Ist-Schichtdicke S_1 , S_2 je Position mitberücksichtigt. An dieser Stelle sei angemerkt, dass die als Ist-Schichtdickenwerte bezeichneten Werte beispielsweise gegenüber dem Untergrund gemessen werden und zwar bevor die Schicht aufgetragen wird, so dass es sich hierbei also um prognostizierte Ist-Schichtdickenwerte oder auch allgemein um Höhenwerte handelt. Insofern ist der Begriff Ist-Schichtdickenwert synonym zu sehen mit dem Begriff Ist-Höhenwert. Wie aus der Anordnung des Messsystems aus Fig. 1a vor der Bohle hervorgeht (vgl. Sensoranordnung 14a, 14c und 14d), erfolgt eine Abtastung gegenüber dem Untergrund vor der Bohle, also an die Position zuordenbar zu einem fixen Längenversatz ausgehend von der Bohle in Fahrtrichtung bzw. ausgehend von der Bohlenhinterkante in Fahrtrichtung.

[0031] An dieser Stelle sei angemerkt, dass entsprechend Ausführungsbeispielen beispielsweise an einer Position P_1 der Soll-Wert $S_{\text{soll}1}$ vorgehalten wird und hier die Schichtdickenhöhe S_1 an der Position P_1 verglichen werden kann, wobei dann ein Steuersignal $C_{1+\text{Versatz}}$ ausgegeben wird. Hintergrund ist, dass zu dem Zeitpunkt, an welchem die Höhe S_1 ermittelbar ist, bereits die Zugpunktverstellung für eine weitere Position erfolgt, die um eine Regelungsstrecke versetzt ist. Insofern ist das abgeleitete Steuersignal $C_{1+\text{Versatz}}$ als Art Kompensationssignal zu verstehen, wobei dann für die weitere (versetzte) Position $P_{1+\text{Versatz}}$ (beispielsweise P_3 die entsprechende Sollhöhe $S_{\text{soll}3}$ zusammen mit dem Kompensationssignal $C_{1+\text{Versatz}}$ mitberücksichtigt wird.

[0032] Hieraus ergibt sich also die Konstellation, dass das Steuersignal für die weitere Position zwar von dem Soll-Ist-Vergleich der ersten Position P_1 abhängig ist, wobei eben die Sollhöhe für die weitere Position, z. B. $S_{\text{soll}3}$, mitberücksichtigt wird. An dieser Stelle sei angemerkt, dass die weitere Position, hier P_3 , von der ersten Position P_1 um einen Versatz versetzt ist, der zumindest im Betrieb konstant sein kann, bevorzugterweise als konstant angenommen wird. Dieser Versatz hängt, wie bereits oben erläutert, von den unterschiedlichen Parametern wie Geschwindigkeit des Baufahrzeugs, Asphalttemperatur, Asphaltmischung, Anstellwinkel der Bohle, etc. ab.

[0033] Das Prinzip ist z.B. auf Straßernfertiger mit einer aufzutragenden Schicht-Höhe anwendbar, aber auch auf Straßenfräßen mit einer abzutragenden Schicht-Tiefe übertragbar. Beim Straßernfertiger wird ei-

ne Soll-Schichtdicke / Sollhöhe je Position, bei der Straßenfräse eine Sollschiefttiefe / Solltiefe bestimmt.

[0034] Dieser Versatz wird noch einmal anhand der Positionen des Schichtdickenregelnden Werkzeugs 10b, der Zugpunktverstellung 10zz, deutlich, wie sie in der Draufsicht von Fig. 2b gezeigt sind.

[0035] Fig. 2b zeigt eine Baumaschine 10 mit einer Bohle 10b, einem Schichtdickenmesssystem 14r, das in diesem Ausführungsbeispiel einen ersten Sensor 14a und einen zweiten Sensor 14b umfasst. Diese sind mittels eines Trägers 12 an der Bohle 10b so befestigt, dass der erste Sensor 14a vor der Bohle und der zweite Sensor 14b hinter der Bohle misst. Der erste Sensor 14a misst gegenüber dem Untergrund, während der zweite Sensor 14b gegenüber der aufgetragenen Schicht misst.

[0036] Darüber hinaus kann entsprechend Ausführungsbeispielen auch noch ein weiteres Schichtdickenmesssystem 14l vorgesehen sein, das analog zu dem Schichtdickenmesssystem 14r aufgebaut ist. Das Schichtdickenmesssystem 14r befindet sich beispielsweise auf der rechten Seite der Bohle 10b, während das Schichtdickenmesssystem 14l auf der linken Seite der Bohle 10l angeordnet ist. Das Schichtdickenmesssystem 14l und 14r misst, wie bereits oben erläutert, jeweils eine Höhe zum Untergrund. Unter der Annahme, dass beide Sensoren 14a und 14b in der gleichen Anbringungshöhe angeordnet sind, kann ausgehend von der Differenz der zwei Höhenwerte eine Schichtdicke bestimmt werden. Bei einer Verkipfung der Bohle ändern sich auch die Abstände indirekt proportional. Bei gleichen Hebelarm-längen, das heißt also der horizontale Abstand der Sensoren 14a und 14b gegenüber dem Rotationspunkt, ist immer noch die Schichtdicke anhand der Differenz bestimmbar. Im Fall von unterschiedlich langen Hebelarmen kann entsprechend Ausführungsbeispielen der Strahlensatz berücksichtigt werden. Unterschiedliche Messmethoden für die Schichtdickenbestimmung mittels Abstandssensoren sind beispielsweise in der EP 2921588 oder der EP 3048199 oder der EP 3228981 erläutert. Darüber hinaus kommen entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen auch noch andere Verfahren zur Schichtdickenmessung in Betracht. Besonders vorteilhaft an der oben erläuterten Schichtdickenmessung ist es jedoch, dass Abstandssensoren verwendet werden können, die auch bei herkömmlichen Nivelliersystemen Einsatz finden.

[0037] An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Schichtdicke typischerweise im Bereich der Bohle bestimmt wird. Die Position ist mit dem Bezugszeichen 140 markiert. An der Position 140 kann entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen ein Positionssensor, wie z. B. ein GNSS-Sensor, vorgesehen sein, um der Schichtdicke eine Position zuzuordnen, was den Vergleich der Soll-Schichtdicke mit der Ist-Schichtdicke je Position verbessert. Darüber hinaus kann auch noch ein weiterer Positionssensor 142 vorgesehen sein, der beispielsweise im Bereich des Zugpunktes vorgesehen ist. Wie oben bereits erläutert, erfolgt die Verstellung am Zugpunkt für

Positionen, die dann zu einem späteren Zeitpunkt mit der Bohle unter Berücksichtigung des Versatzes angefahren werden. Der Einsatz von zwei Positionssensoren ermöglicht vorteilhafterweise die Zuordnung der Positionen zum Versatz zwischen der aktuellen (Bohlen-)Position und der weiteren Position (Position der Zugpunktverstellung). Entsprechend Ausführungsbeispielen kann natürlich auch nur ein Sensor vorgesehen sein und der Versatz anhand von Fahrgeschwindigkeit oder ähnlichem kalkuliert werden. Neben dem Schichtdickenmesssystem 14 kann entsprechend Ausführungsbeispielen auch noch eine weitere Sensoranordnung, hier die Sensoranordnung 24, vorgesehen sein. Die Sensoranordnung 24 weist ebenfalls Abstandssensoren auf, die den Abstand zum Untergrund messen. Diese Sensoranordnungen 24 sind direkt mit dem Fahrwerk der Straßenbaumaschine 10 verbunden und tasten Unebenheiten ab. Diese Sensoranordnung kann entweder auf der einen Seite der Baumaschine oder auch auf beiden Seite der Baumaschine vorgesehen sein.

[0038] Ausgehend von der Anordnung aus Fig. 2c wird nun das Nivelliersystem erläutert. Die Konstellation aus Fig. 2c zeigt die Baumaschine 10 mit der Bohle 10b sowie zwei Schichtdickenmesssysteme 14l und 14r für die zwei unterschiedlichen Seiten der Bohle 10b. Jede Seite wird beispielsweise separat betrachtet und erhält über eine Datenbank 150 Soll-Werte S_{soll} . Die Datenbank 150 kann beispielweise auf dem Notebook 152 installiert oder über dieses abrufbar sein. Das Notebook 152 oder allgemein ein Teil des Nivelliersystems mit Kommunikationsmitteln oder einer Schnittstelle liefert dann die Soll-Daten S_{soll} an die zwei Regelkreise 130l und 130r aus. Diese steuern dann den Zugpunkt aktuell links und rechts (nicht dargestellt) entsprechend den Soll-Werten S_{soll} für die zukünftigen Bohlenpositionen und den erhaltenen Abweichungen einer aktuellen Bohlenposition an.

[0039] Fig. 2d zeigt eine weitere Variante. Hier ist gekennzeichnet, dass einer der zweite Regelkreise 130l bzw. 130r als Master fungiert, während der andere als Slave operiert. Wie auch hier zu erkennen ist, erhält der Regelkreis 130l die Abstandswerte von der Messvorrichtung 14l, während der Regelkreis 130r die Abstandswerte von der Messvorrichtung 14r erhält.

[0040] In diesem Ausführungsbeispiel weist die Anordnung 14l, also die Messanordnung 14r, jeweils drei Abstandssensoren 14a, 14b und 14c auf. 14a befindet sich zwischen 14b und 14c und misst beispielsweise die Höhe in dem Bereich vor der Bohle bzw. in dem Bereich des Zugpunktes 10z, während 14c in Fahrtrichtung weiter vorne zu dem Untergrund misst. Das Schichtdickenmesssystem 14l, 14r kann entweder die beiden Sensoren 14a und 14b unter Differenzbildung verwenden oder auch den Sensor 14c, 14b oder alternativ auch alle drei Sensoren. Hierbei wird da beispielsweise der Abstandswert gemessen, mittels den Sensoren 14a und 14c gemittelt und die Differenz zusammen mit dem Abstandswert des Abstandssensors 14b genommen.

[0041] Die ganze Sensoranordnung 14 kann auch

noch erweitert werden, beispielsweise durch den Einsatz von mehr als drei Sensoren. Das ist beispielsweise in Fig. 2e dargestellt.

[0042] Fig. 2e zeigt eine Baumaschine 10 mit einem entsprechenden Regelkreis 130 sowie einer Sensoranordnung 14. Diese umfasst vier Sensoren 14a, 14b, 14c und 14d, die an einem gemeinsamen Träger 12 befestigt sind. Die hier dargestellten Sensoren können als sogenannte Superski-Sensoren ausgeführt sein, die jeweils eine Mehrzahl von Sensorköpfen aufweisen.

[0043] Die Sensoren 14a und 14b bilden zusammen ein Schichtdickenmesssystem 14. Die Sensoren 14a, 14b können auch für die Messwertbestimmung bei Funktionen eines konventionellen Nivelliersystems (für kurze Welle) verwendet werden. Hierbei können auch vorteilhafter Weise zusätzliche Sensoren, z.B. in Fahrtrichtung gesehen vor den Sensoren 14a und 14b verwendet werden. D.h. also, dass die Sensoranordnung 14 (14l, 14r) in der Version mit jeweils zwei Sensoren 14a und 14b oder in der Version mit mehr als zwei Sensoren 14a bis 14d sowohl für das konventionelle Nivelliersystems als auch für das beschriebene Nivelliersystems für lange Wellen Verwendung findet. Auch kann selbstverständlich mit den Sensoren (14a, 14b) eine Schichtdicke direkt bestimmt werden.

[0044] Entsprechend Ausführungsbeispielen ist das System, wie oben beschrieben, ausgebildet, um langwellige Unebenheiten auszugleichen. Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen können auch noch zusätzlich kurze Unebenheiten ausgeglichen werden, z.B. auf Basis von konventionellen Nivelliertechniken.

[0045] Fig. 4 zeigt ein Schichtdickenprofil 120' zur Herstellung einer ebenen Oberfläche 125 der aufzubringenden Schicht. Im Untergrundprofil 122, das z. B. im Vorlauf gescannt wird, sind Erhebungen und Vertiefungen enthalten. Beispielsweise erfolgt ein Scannen in einem Abstand von 3 m, wobei neben der Höhe in Bezug auf eine Referenz auch noch Steigungswinkel, etc. enthalten sein können. Ausgehend von der Abweichung zu der Referenz (vgl. Δh_{set}) wird dann ein Schichtdickenprofil (vgl. "Thickness left" bzw. "Thickness right") abgeleitet, und zwar für die beiden Regelkreise separat. Auch kann eine Abweichung von der Referenz für zwei Punkte berücksichtigt werden (Δh_{zwei}).

[0046] Bezugnehmend auf Fig. 5 wird der Regelkreis 130 um einen Ebenheitsregler erweitert. Mit dem Schichtdickenregelkreis 130 wird die Ist-Schichtdicke S_1 , ... ausgehend von den Ist-Höhenwerten ermittelt und mit der Soll-Schichtdicke verglichen (siehe Vergleich 131). Diese Regelung kann unter Berücksichtigung eines Vorhersagemodells 137 dann wie oben erfolgen. Darüber hinaus kann entsprechend Ausführungsbeispielen ein Ebenheitsregler 142 vorgesehen sein. Dieser regelt abhängig von einem Höhensensor, z. B. dem Höhensensor 14a, im Bereich des Zugpunktes die Ebenheit mit einem P-Glied bzw. einem PT-Glied.

[0047] Im Bereich der Bohle die Ebenheit unter Verwendung eines P- bzw. PT-Glieds. Diese Ebenheitsre-

gelung erfolgt ohne Berücksichtigung des Vorhersagemodells 137.

[0048] Bezugnehmend auf Fig. 5b wird nun das Modell noch einmal im Detail erläutert. Fig. 5b zeigt die Bohle 10b, die über den Zugpunkt 10z gezogen wird. Die Ebenheit wird wiederum mittels des Ebenheitsreglers 142 angepasst. Dieser Ebenheitsregler 142 regelt den Zugpunktzyylinder, der sich wie ein IT1-Glied verhält. Als Feedbackschleife wird dann der Höhensensorwert im Bereich des Zugpunktes ermittelt und nach optionaler Filterung (vgl. Filter 144) an den Ebenheitsregler 142 zurückgespeist. Hierbei handelt es sich um einen dem Ebenheitsregelkreis unterlagerten Regelkreis. Der Ebenheitsregelkreis umfasst wie gesagt das P-Glied und das IT1-Glied. Ausgehend hiervon wird dann die Bohle, die ein PT2-Verhalten aufweist, geregelt. Hierbei heraus ergibt sich eine Höhe an der Bohlenhinterkante, die mittels des Sensors 14b bzw. allgemein der Sensoranordnung 14 ermittelt werden kann. Nach optionaler Filterung mittels des Filters 146 erfolgt dann ein Vergleich des Höhenistwerts mit einem Höhensollwert, so dass dann in einer weiteren Regelschleife unter Verwendung des Vorhersagemodells 137 eine Zugpunktverstellung erfolgen kann. Durch die Sensoranordnung 14 in Verbindung mit dem Filter 146 wird ein überlagerter Regelkreis geschaffen, der dem Regelkreis 130, wie er vorher erläutert wurde, entspricht.

[0049] Wie oben bereits erläutert, führt eine Verstellung des Zugpunktes nicht zu einer unmittelbaren Änderung der Schichtdickenhöhe. Hintergrund ist ein sogenannter Einschwingvorgang. In Fig. 6a ist dieser dargestellt. An einem Punkt P1 wird der Zugpunkt verstellt, um entsprechend andere Bohlenhöhen zu erreichen, wie anhand der Kurve 60 dargestellt ist. Die Zugpunktverstellung erfolgt hier auch mit einer gewissen Transiente. Die Bohle folgt der Zugpunktverstellung etwas nacheilend, wobei es zu einem sogenannten "Overshoot" bzw. "Undershoot" kommen kann, das heißt also, dass die Bohle in die andere Richtung kurz nach dem Punkt P1 abtaucht, was anhand der Kurve 62 dargestellt ist. Die Höhenverstellung der Bohle 10b ist spätestens am Punkt P2 abgeschlossen, der in etwa eine Zugamtlänge von dem Punkt P1 entfernt ist.

[0050] Darüber hinaus kann man auch diesen Einschwingvorgang zeitlich betrachten. Die Verstellung des Zugpunktes 10z dauert beispielsweise eine halbe Sekunde, hier 0,4 s. Ausgehend hiervon ändert sich die Schichtdicke im Bereich der Bohle in einem Zeitfaktor von 0,5 s. Auch wenn in erster Linie das System darauf schließen lässt, dass eine Drehung um die Bohlenhinterkante 10bk erfolgt, sei an dieser Stelle angemerkt, dass der Drehpunkt leicht in Richtung Zugpunkt verlagert ist, wie in der unteren Hälfte der schematischen Darstellung gezeigt ist. Die untere Hälfte stellt die Kinematik des Gesamtsystems dar, wobei auch die Lage des Drehpunkts je nach aktuellen Bedingungen variieren können. Selbst wenn der konventionell Nivellierungsregelkreis aktiviert ist, kommt es zu Veränderungen über die Weg-

strecke (Zeit), z. B. im Bereich zwischen 1 und 20 min.

[0051] Das obige Prinzip wurde insbesondere im Zusammenhang mit Straßenfertigern (aufzutragende Schichtdicke) erläutert, wobei das obige Prinzip selbstverständlich auch auf weitere Maschinen, wie z. B. Straßenbaumaschinen, angewendet werden kann, die eine Planarisierung bedingen. Beispielsweise kann eine Straßenfräse durch dieses System in der Höhe reguliert werden. Fig. 7a zeigt die Regelung einer Straßenfräse mit einer Fräswalze 10f und zwei Höhensensoren 14l und 14r. Diese messen eine bestimmte Höhe abhängig von ihrem Offset gegenüber dem Untergrund 11. Wenn die Walze 10f Material aus dem Untergrund 11 entnimmt, reduziert sich die gemessene Höhe, wie anhand von Fig. 7b gezeigt ist. Diese Höhe gibt also Aufschluss über die abgetragene Schicht und kann somit als Schichtdickensystem bezeichnet werden. Da auch bei Straßenfräsen das Untergrundprofil im Voraus bestimmbar ist, kann mittels demselben oben erläuterten Prinzip eine abzutragende Schichtdicke im Sinne einer abzunehmenden Schicht im Vorfeld bestimmt werden, die dann unter Verwendung des dargestellten Messsystems konstant gehalten werden kann, um insbesondere langwellige Wellen zu entfernen.

[0052] In Fig. 8a und 8b sind Schichtdickenwerte über die einzelnen Positionen 1-15 dargestellt. Beispielsweise sind die Positionsabstände äquidistant. Es wird von einer durchschnittlich gewünschten Höhe, hier 5,0, ausgegangen. In einer Position, hier einer Position 1 wird die gewünschte durchschnittliche Schichtdicke als Referenzschichtdicke festgelegt und im Wesentlichen parallel zum Untergrund aufgetragen. Die einzelnen Schichtdickenwerte werden so bestimmt, dass eine minimale Schichtdicke $h_{\min}$ und eine maximale Schichtdicke $h_{\max}$ jeweils nicht unterschritten bzw. überschritten wird. Dadurch, dass Schichtdickenwerte auch so festgelegt werden, dass eine Schichtdickenänderung ohne Untergrundänderung (vgl. Position 8 und 9) möglich ist, kann die Neigung (engl. Cross-Slope) angepasst werden.

[0053] An dieser Stelle sei angemerkt, dass zwischen den Steuerungseinheiten bzw. Mensch-Maschine-Schnittstellen MM2 (Handsteuereinheit) und der globalen Steuerung SSI (Steuerungsrechner) unterschieden wird.

[0054] Fig. 9 zeigt einen Kalibriervorgang. Bei einer Startprozedur wird die Höhe in das richtige Höhenlevel gesetzt und dieses als Referenzlevel festgelegt. Ferner werden die Ziel-Sollpunkte dem System eingespielt, so dass das entsprechende Schichtdickenprofil zum Ausgleichen von langwelligen Bohlenunebenheiten und/oder der gewünschten Neigung dem Nivelliersystem vorliegt.

[0055] Ein weiteres Ausführungsbeispiel bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung des Sollschichtdickenprofils. Hier wird, z.B. wie erläutert das Untergrundprofil abgetastet, um dann ausgehend von der Soll-Schichtdickenprofil zu bestimmen. Hier können Minimum und Maximum mit berücksichtigt werden.

[0056] An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Prozedur der Bestimmung und Verwendung des Soll-Schichtdickenprofil insbesondere bei den Unterbauschichten Anwendung findet. Aufgrund der geringen Dicke der Binderschicht und Deckschicht können im Regelfall in diesen Schichten keine langwelligen Unebenheiten ausgeglichen werden.

[0057] Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar. Einige oder alle der Verfahrensschritte können durch einen Hardware-Apparat (oder unter Verwendung eines Hardware-Apparats), wie zum Beispiel einen Mikroprozessor, einen programmierbaren Computer oder eine elektronische Schaltung ausgeführt werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

[0058] Ein erfindungsgemäß codiertes Signal, wie beispielsweise ein Audiosignal oder ein Videosignal oder ein Transportstromsignal, kann auf einem digitalen Speichermedium gespeichert sein oder kann auf einem Übertragungsmedium wie beispielsweise einem drahtlosen Übertragungsmedium oder einem verdrahteten Übertragungsmedium, z.B. dem Internet, übertragen werden.

[0059] Das erfindungsgemäße kodierte Audiosignal kann auf einem digitalen Speichermedium gespeichert sein, oder kann auf einem Übertragungsmedium, wie beispielsweise einem drahtlosen Übertragungsmedium oder einem drahtgebundenen Übertragungsmedium, wie beispielsweise dem Internet, übertragen werden.

[0060] Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer Blu-ray Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein.

[0061] Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem programmierbaren Computersystem der-

art zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

[0062] Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode implementiert sein, wobei der Programmcode dahingehend wirksam ist, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft.

[0063] Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

[0064] Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist.

[0065] Mit anderen Worten ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens somit ein Computerprogramm, das einen Programmcode zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufweist, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft.

[0066] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist. Der Datenträger, das digitale Speichermedium oder das computerlesbare Medium sind typischerweise gegenständlich und/oder nicht-vergänglich bzw. nicht-vorübergehend.

[0067] Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der Datenstrom oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahingehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet, transferiert zu werden.

[0068] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahingehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen.

[0069] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.

[0070] Ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung umfasst eine Vorrichtung oder ein System, die bzw. das ausgelegt ist, um ein Computerprogramm zur Durchführung zumindest eines der hierin beschriebenen Verfahren zu einem Empfänger zu übertragen. Die Übertragung kann beispielsweise elektronisch oder optisch erfolgen. Der Empfänger kann beispielsweise ein Computer, ein Mobilgerät, ein Speichergerät oder eine ähnliche Vorrichtung sein. Die Vorrichtung oder das System kann beispielsweise einen Datei-Server zur Übertragung

des Computerprogramms zu dem Empfänger umfassen.

[0071] Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare Hardware wie ein Computerprozessor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.

[0072] Die hierin beschriebenen Vorrichtungen können beispielsweise unter Verwendung eines Hardware-Apparats, oder unter Verwendung eines Computers, oder unter Verwendung einer Kombination eines Hardware-Apparats und eines Computers implementiert werden.

[0073] Die hierin beschriebenen Vorrichtungen, oder jedwede Komponenten der hierin beschriebenen Vorrichtungen können zumindest teilweise in Hardware und/oder in Software (Computerprogramm) implementiert sein.

[0074] Die hierin beschriebenen Verfahren können beispielsweise unter Verwendung eines Hardware-Apparats, oder unter Verwendung eines Computers, oder unter Verwendung einer Kombination eines Hardware-Apparats und eines Computers implementiert werden.

[0075] Die hierin beschriebenen Verfahren, oder jedwede Komponenten der hierin beschriebenen Verfahren können zumindest teilweise durch Hardware und/oder durch Software ausgeführt werden.

[0076] Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Patentansprüche

1. Nivelliersystem für eine Baumaschine, insbesondere eine Straßenbaumaschine oder einen Straßenfertiger (10) oder eine Straßenfräse, mit folgenden Merkmalen:

einem Schichtdickenmesssystem (110, 14), das ausgebildet ist, eine aktuell aufzutragende oder abzutragende Schichtdicke zu messen und ent-

sprechende Ist-Schichtdickenwerte ($S_1, S_2, \dots$) für eine Mehrzahl an Positionen ($P_1, P_2, \dots$) oder entsprechende prognostizierte Ist-Schichtdickenwerte ($S_1, S_2, \dots$) für eine Mehrzahl an Positionen ($P_1, P_2, \dots$) zu bestimmen, einen Prozessor (130), der ausgebildet ist, auf Basis eines Schichtdickenprofils (120), umfassend eine Mehrzahl an Soll-Schichtdickenwerten ($S_{\text{soll}1}, S_{\text{soll}2}, \dots$) zugeordnet zu der Mehrzahl der Positionen, sowie der Ist-Schichtdickenwerte ($S_1, S_2, \dots$) oder prognostizierte Ist-Schichtdickenwerte ($S_1, S_2, \dots$) für die Positionen ($P_1, P_2, \dots$) Steuerungswerte je Position ($P_1, P_2, \dots$) zur Höhenregelung eines Werkzeugs (10b) der Baumaschine (10) zu bestimmen.

2. Nivelliersystem gemäß Anspruch 1, wobei die Steuerungswerte ($C_1, C_2, \dots$) je Position ($P_1, P_2, \dots$) so gewählt sind, dass das Werkzeug (10b) in Entsprechung des Schichtdickenprofils (120) angehoben und/oder abgesenkt wird, um je Position (P_1, P_2) an einer Position in Entsprechung an den Soll-Schichtdickenwert ($S_{\text{soll}1}, S_{\text{soll}2}, \dots$) bewegt zu werden; und/oder wobei die Steuerungswerte je Position ($P_1, P_2, \dots$) so gewählt sind, dass eine ermittelte Abweichung zwischen einem Ist-Schichtdickenwert oder prognostizierten Ist-Schichtdickenwert ($S_1, S_2, \dots$) und einem Soll-Schichtdickenwert ($S_{\text{soll}1}, S_{\text{soll}2}, \dots$) berücksichtigt wird.
3. Nivelliersystem gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Prozessor (130) ausgebildet ist, um den Steuerungswert ($C_1, C_2, \dots$) für die weitere Position unter Berücksichtigung der Soll-Schichtdicke der weiteren Position ($P_{1+\text{Versatz}}$) zu bestimmen; und/oder wobei die weitere Position ($P_{1+\text{Versatz}}$) gegenüber der jeweiligen Position um einen Versatz versetzt ist.
4. Nivelliersystem gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Steuerungswerte je Position so gewählt sind, dass im eingeschwungenen Zustand der Ist-Schichtdickenwert oder prognostizierte Ist-Schichtdickenwert ($S_1, S_2, \dots$) je Position im Wesentlichen ($\pm 20\%, \pm 10\%, \pm 5\%, \pm 3\%, \pm 1\%$) dem Soll-Schichtdickenwert ($S_{\text{soll}1}, S_{\text{soll}2}, \dots$) je Position entspricht; und/oder wobei die Steuerungswerte so abgeleitet sind, dass unter Berücksichtigung der Regelungsstrecke (Versatz) des Werkzeugs (10b) entlang einer Fahrtrichtung der Baumaschine die Höhenregelung des Werkzeugs erfolgt.
5. Nivelliersystem gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Prozessor (130) ausgebildet ist, die Steuerungswerte aus dem Schichtdickenprofil (120) so abzuleiten, dass auf einem Untergrundprofil

- (122) eine durch das Werkzeug zu glättende oder aufzubringende Schicht eine ebene Oberfläche entlang einer Fahrtrichtung der Baumaschine ausbildet; und/oder
wobei eine aufzubringende Schicht oder eine zu glättende Schicht eine erste Dimension entlang der Fahrtrichtung und eine zweite Dimension quer zur Fahrtrichtung aufweist und wobei eine Ebene durch die erste Dimension und zweite die Dimension aufgespannt ist und wobei die Steuerungswerte aus dem Schichtdickenprofil (120) so abgeleitet werden, dass auf einem Untergrundprofil (122) eine durch das Werkzeug aufzubringenden (einzubauende) Schicht oder zu glättende Schicht eine ebene Oberfläche entlang der aufgespannten Ebene aufweist.
6. Nivelliersystem gemäß einem der vorherigen Ansprüche, das einen Positionssensor oder GNSS-Sensor, insbesondere einen Positionssensor oder GNSS-Sensor gekoppelt mit dem Werkzeug oder gekoppelt mit der Baumaschine, aufweist und wobei der Positionssensor oder GNSS-Sensor ausgebildet ist, um die Position für die Ist-Schichtdickenwerte oder prognostizierten Ist-Schichtdickenwerte (S1, S2, ...) zu bestimmen, insbesondere die Position entlang der Fahrtrichtung.
7. Nivelliersystem gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Schichtdickenprofil (120) über die Positionen und/oder entlang der Fahrtrichtung variierende Soll-Schichtdickenwerte ($S_{\text{soll}1}$, $S_{\text{soll}2}$, ...) aufweist, und/oder wobei das Schichtdickenprofil (120) in Abhängigkeit eines Untergrundprofils (122) bestimmt ist.
8. Nivelliersystem gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Prozessor (130) so ausgebildet ist, um die Steuerungswerte so zu bestimmen, dass je Position eine Mindestschichtdicke vorgesehen ist.
9. Nivelliersystem gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Prozessor (130) einen Ebenheitsregler aufweist, der ausgebildet ist unter Verwendung von Sensorwerten die Steuerungswerte zu bestimmen, so dass eine ebene Oberfläche hergestellt wird; und/oder wobei der Prozessor (130) eine Regelstrecke umfassend ein P-Glied, ein IT-Glied, ein PT-Glied und/oder eine Regelstrecke mit einem Vorhersagemodell aufweist.
10. Nivelliersystem gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Schichtdickenmesssystem (110, 14) zusammen mit dem Prozessor (130) einen ersten Regelkreis für eine erste Seite (links oder rechts) des Werkzeugs bilden; und/oder wobei das Schichtdickenmesssystem (110, 14) oder ein weiteres Schichtdickenmesssystem (110, 14) mit dem Prozessor (130) einen zweiten Regelkreis für eine zweite Seite des Werkzeugs bilden, wobei der erste und der zweite Regelkreis zusammen interagieren, um für Zwischenpositionen zwischen der ersten und der zweiten Seite des Werkzeugs das Werkzeug entsprechend zu steuern, dass für Zwischenpositionen im eingeschwungenen Zustand die Ist-Schichtdicke im Wesentlichen der Soll-Schichtdicke entspricht.
11. Nivelliersystem gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Schichtdickenmesssystem (110, 14) zumindest einen Sensor (14a) vor der Bohle (10b) und zumindest einen Sensor (14b) hinter der Bohle (10b) aufweist und wobei die zu bestimmende Schicht durch Differenzbildung bestimmt wird.
12. Nivelliersystem gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Nivelliersystem eine Sensoranordnung aufweist, die mindestens zwei, mindestens drei oder mindestens vier Sensoren aufweist, welche an einem Träger angeordnet sind, der sich entlang der Fahrtrichtung der Baumaschine erstreckt; oder wobei das Nivelliersystem eine Sensoranordnung aufweist, die mindestens zwei, mindestens drei oder mindestens vier Sensoren aufweist, welche an einem Träger angeordnet sind, der sich entlang der Fahrtrichtung der Baumaschine erstreckt und wobei die Sensoranordnung das Schichtdickenmesssystem (110, 14) umfasst.
13. Baumaschine (10), insbesondere Straßenbaumaschine oder Straßenfertiger (10) oder Straßenfräse mit einem Nivelliersystem gemäß einem der vorherigen Ansprüche.
14. Vorrichtung zur Bestimmung eines Schichtdickenprofils (120), umfassend eine Mehrzahl an Schichtdickenwerten (S1, S2, ...) zugeordnet zu einer Mehrzahl an Positionen, umfassend:
eine Schnittstelle zum Empfangen eines Untergrundprofils (122), umfassend eine Mehrzahl an Höhenwerten, zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen;
eine Schnittstelle zum Empfangen zumindest einer Sollhöhe oder Solltiefe; und
eine Berechnungseinheit zur Bestimmung des Schichtdickenprofils (120) auf Basis einer Diffe-

renz zwischen der Mehrzahl an Höhenwerten zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen und der zumindest einen Sollhöhe oder Solltiefe oder einer Referenz definiert durch die zumindest eine Sollhöhe oder Solltiefe.

5

15. Vorrichtung gemäß Anspruch 14 mit einer Ausgabeschnittstelle zum Bereitstellen/Exportieren des Schichtdickenprofils (120) an eine Baumaschine, insbesondere Straßenbaumaschine oder einen Straßenfertiger (10).

10

16. Vorrichtung gemäß Anspruch 14 oder 15, wobei die zumindest eine Sollhöhe durch mehrere Sollhöhenwerte zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen definiert ist;

15

wobei die zumindest eine Solltiefe durch mehrere Solltiefenwerte zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen definiert ist; oder
wobei die zumindest eine Sollhöhe und/oder die mehreren Sollhöhenwerte eine Ebene oder 3D-Ebene einer zu glättenden oder herzustellenden (einzubauende) Schicht definieren.

20

25

17. Verfahren zur Nivellierung für eine Baumaschine, insbesondere eine Straßenbaumaschine oder einen Straßenfertiger (10) oder eine Straßenfräse, mit folgenden Schritten:

30

Messen einer aktuellen aufzutragenden oder abzutragenden Schichtdicke und Bestimmen entsprechender Ist-Schichtdickenwerte oder prognostizierter Ist-Schichtdickenwerte (S_1 , S_2 , ...) für eine Mehrzahl an Positionen, Bestimmen von Steuerungswerten je Position zur Höhenregelung eines Werkzeugs der Baumaschine auf Basis eines Schichtdickenprofils (120), umfassend eine Mehrzahl an Soll-Schichtdickenwerten ($S_{\text{soll}1}$, $S_{\text{soll}2}$, ...) zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen, sowie der Ist-Schichtdickenwerte oder prognostizierte Ist-Schichtdickenwerte (S_1 , S_2 , ...) für die Positionen.

35

40

45

18. Verfahren zur Bestimmung eines Schichtdickenprofils (120), umfassend eine Mehrzahl an Soll-Schichtdickenwerten ($S_{\text{soll}1}$, $S_{\text{soll}2}$, ...) zugeordnet zu einer Mehrzahl an Positionen, mit folgenden Schritten:

50

Empfangen eines Untergrundprofils (122), umfassend eine Mehrzahl an Höhenwerten, zugeordnet zu einer Mehrzahl der Positionen; Empfangen zumindest einer Sollhöhe oder Solltiefe; und Bestimmung des Schichtdickenprofils (120) auf Basis einer Differenz zwischen der Mehrzahl an Höhenwerten zugeordnet zu einer Mehrzahl der

55

Positionen und der zumindest einen Sollhöhe oder Solltiefe oder einer Referenz definiert durch die zumindest eine Sollhöhe oder Solltiefe.

19. Computerprogramm zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 17 oder 18, wenn das Verfahren auf einem Computer abläuft.

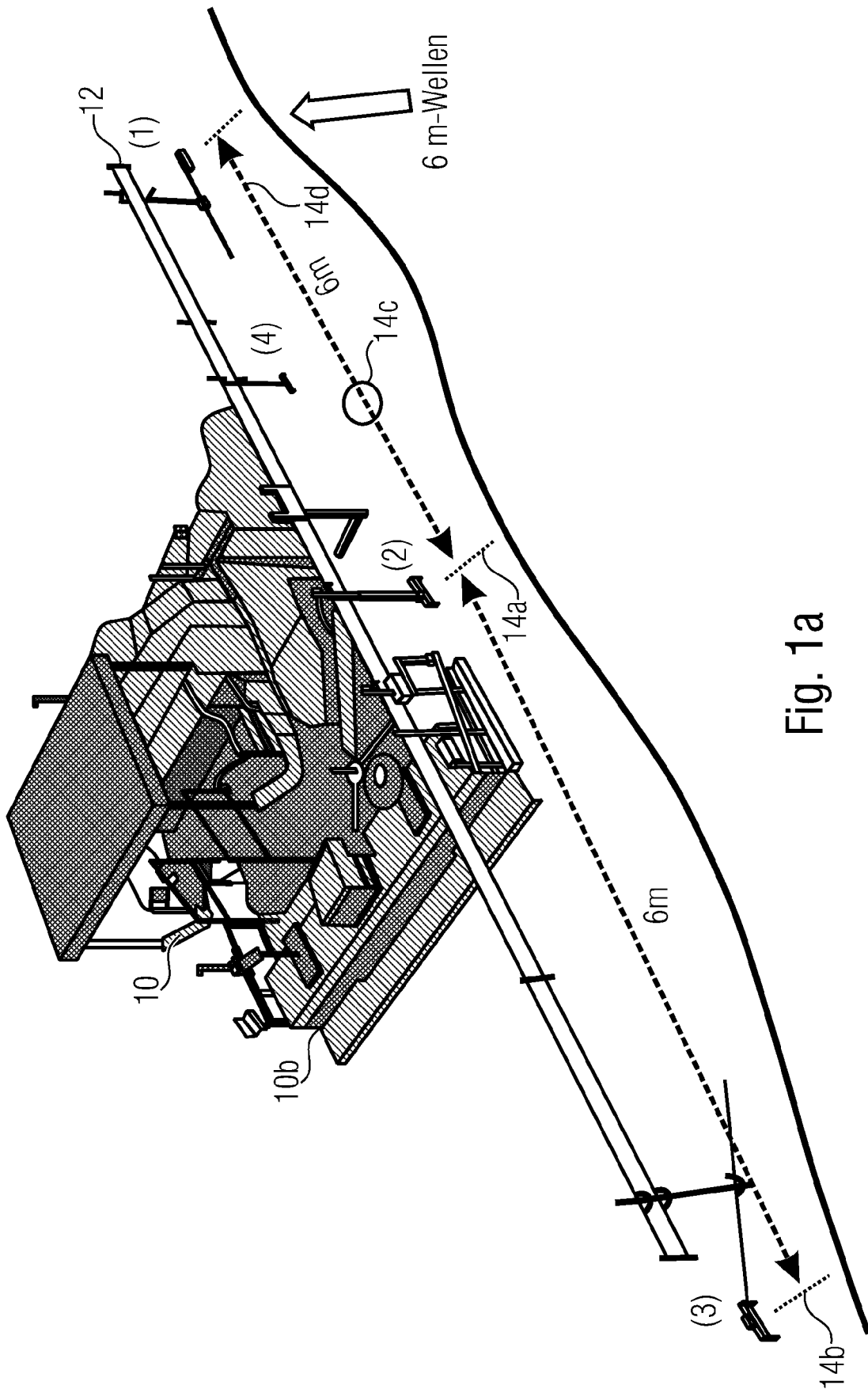


Fig. 1a

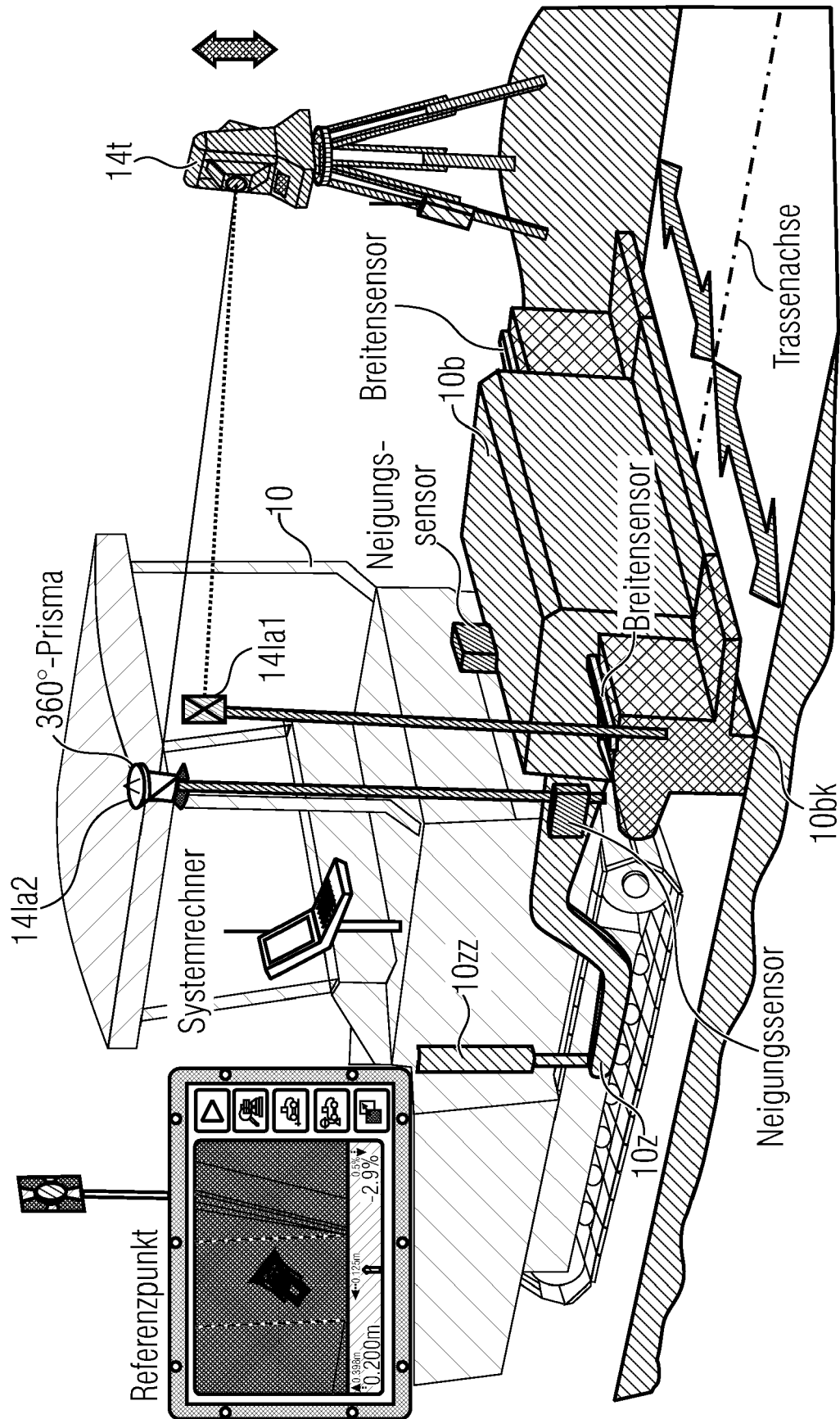


Fig. 1b

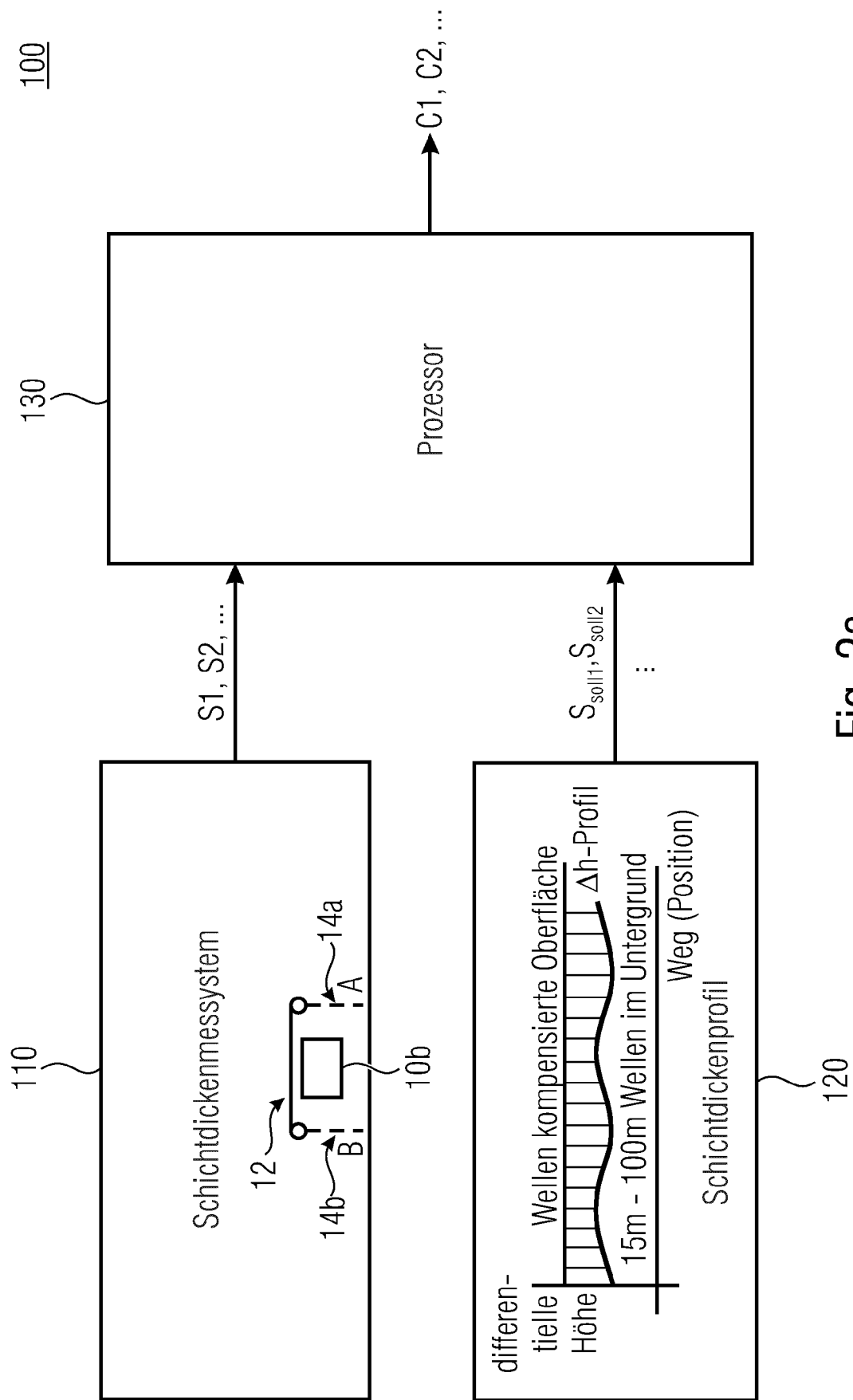


Fig. 2a

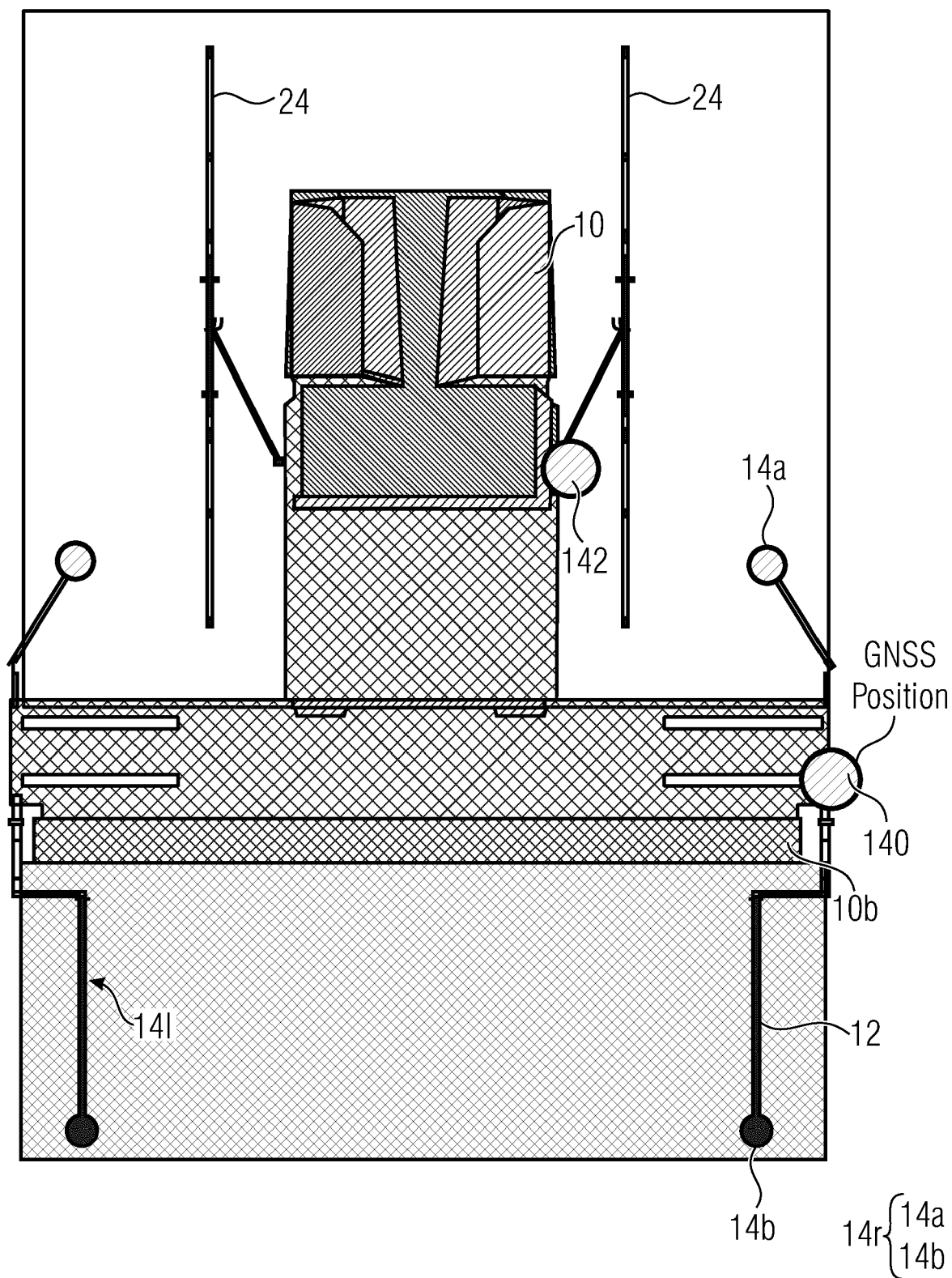


Fig. 2b

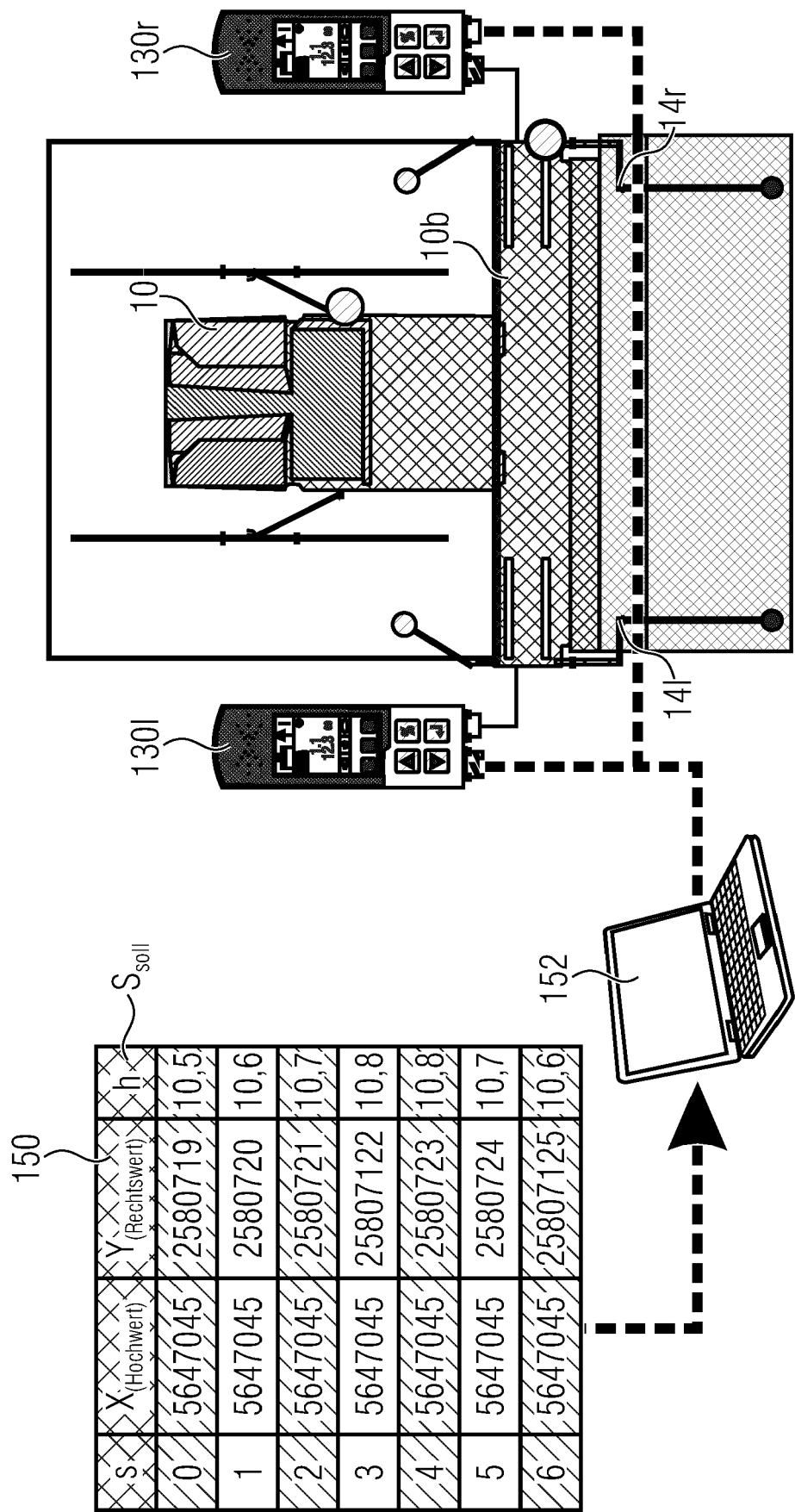
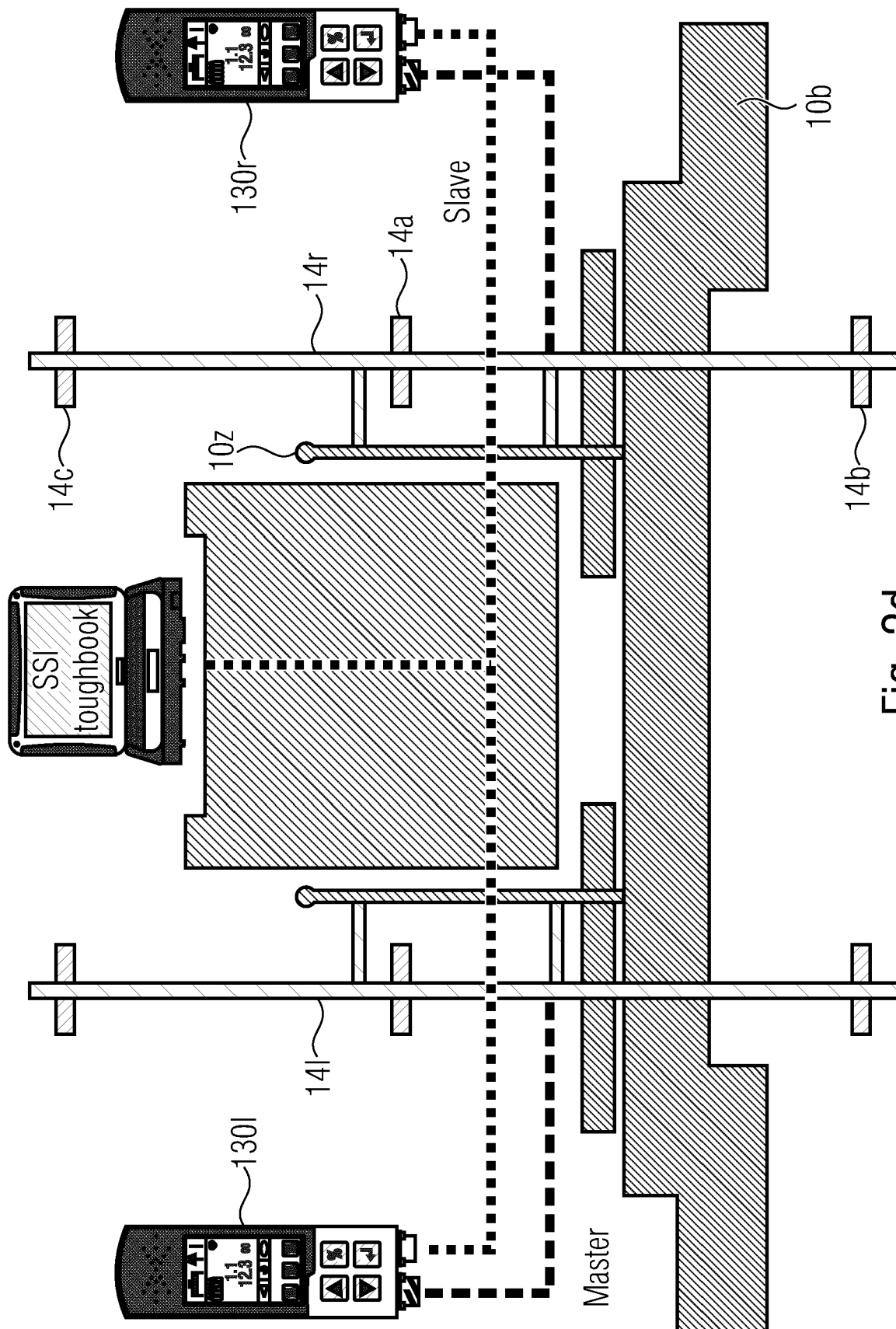


Fig. 2c



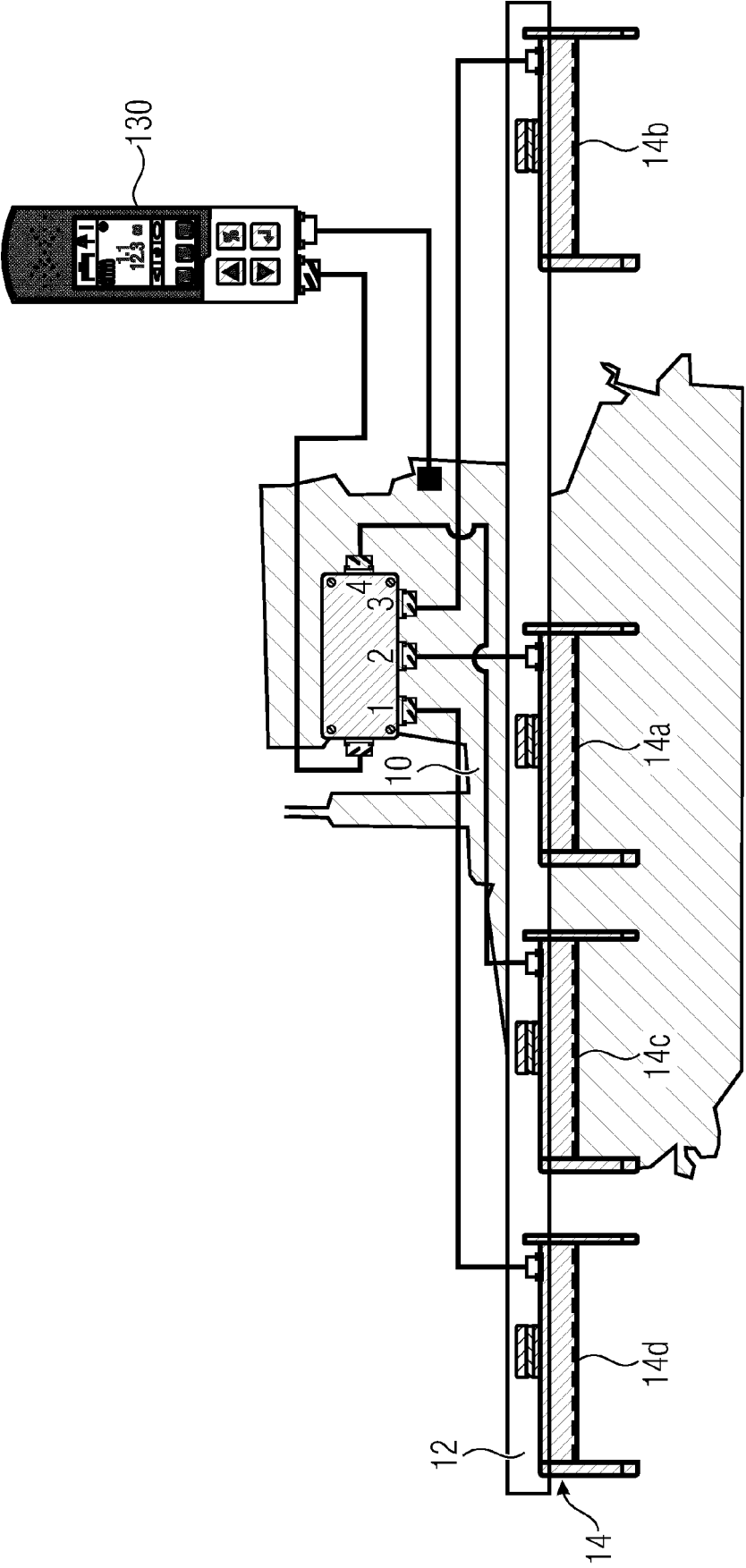


Fig. 2e

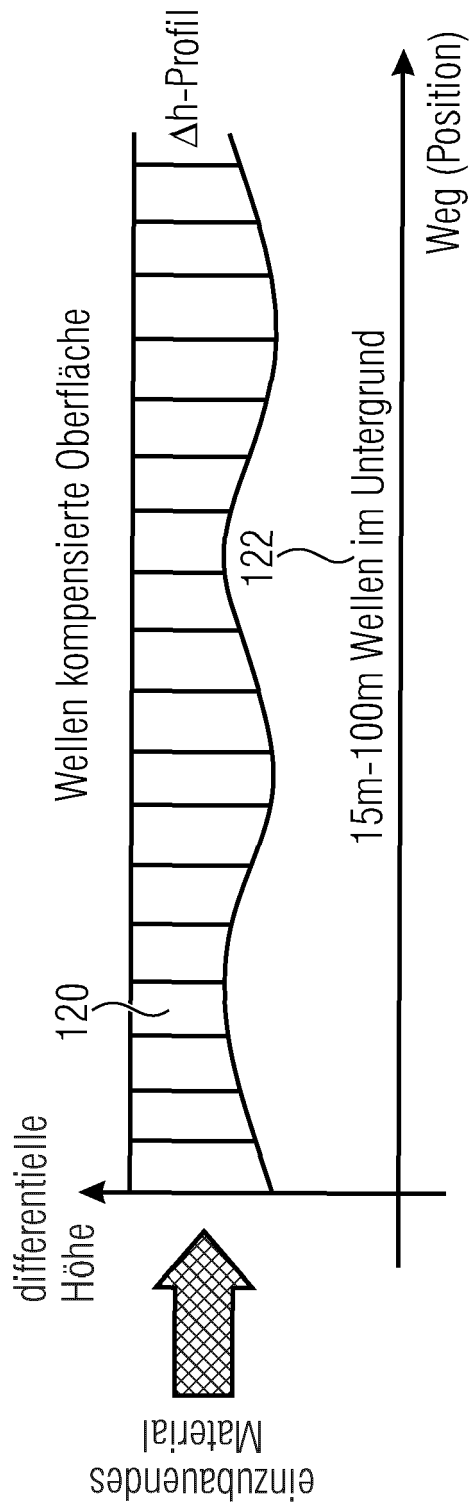


Fig. 3a

zur Kompensation der Langwellen
einzubauender Schichtdickenverlauf

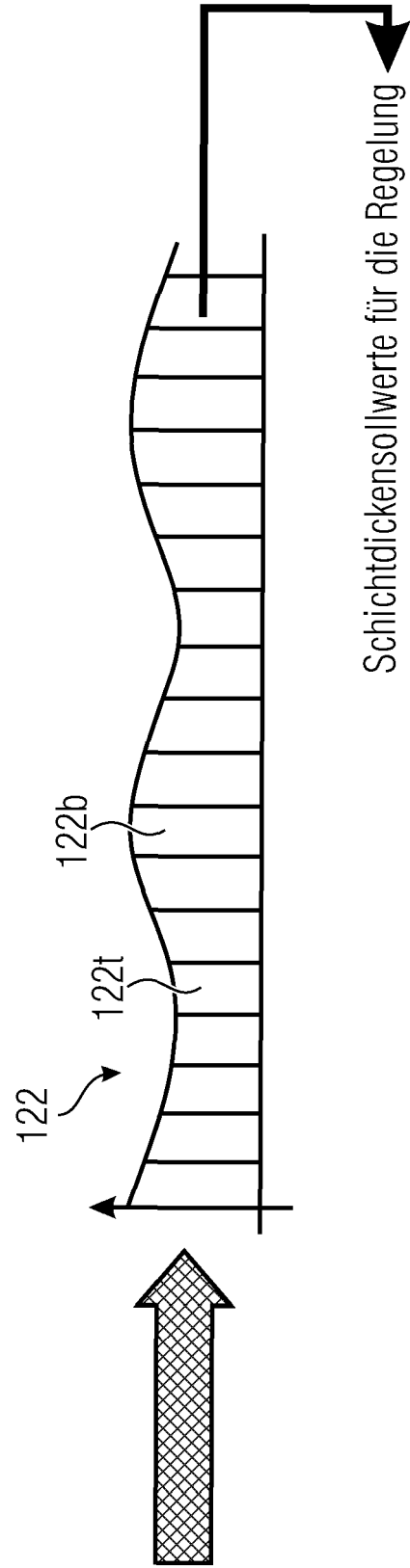


Fig. 3b

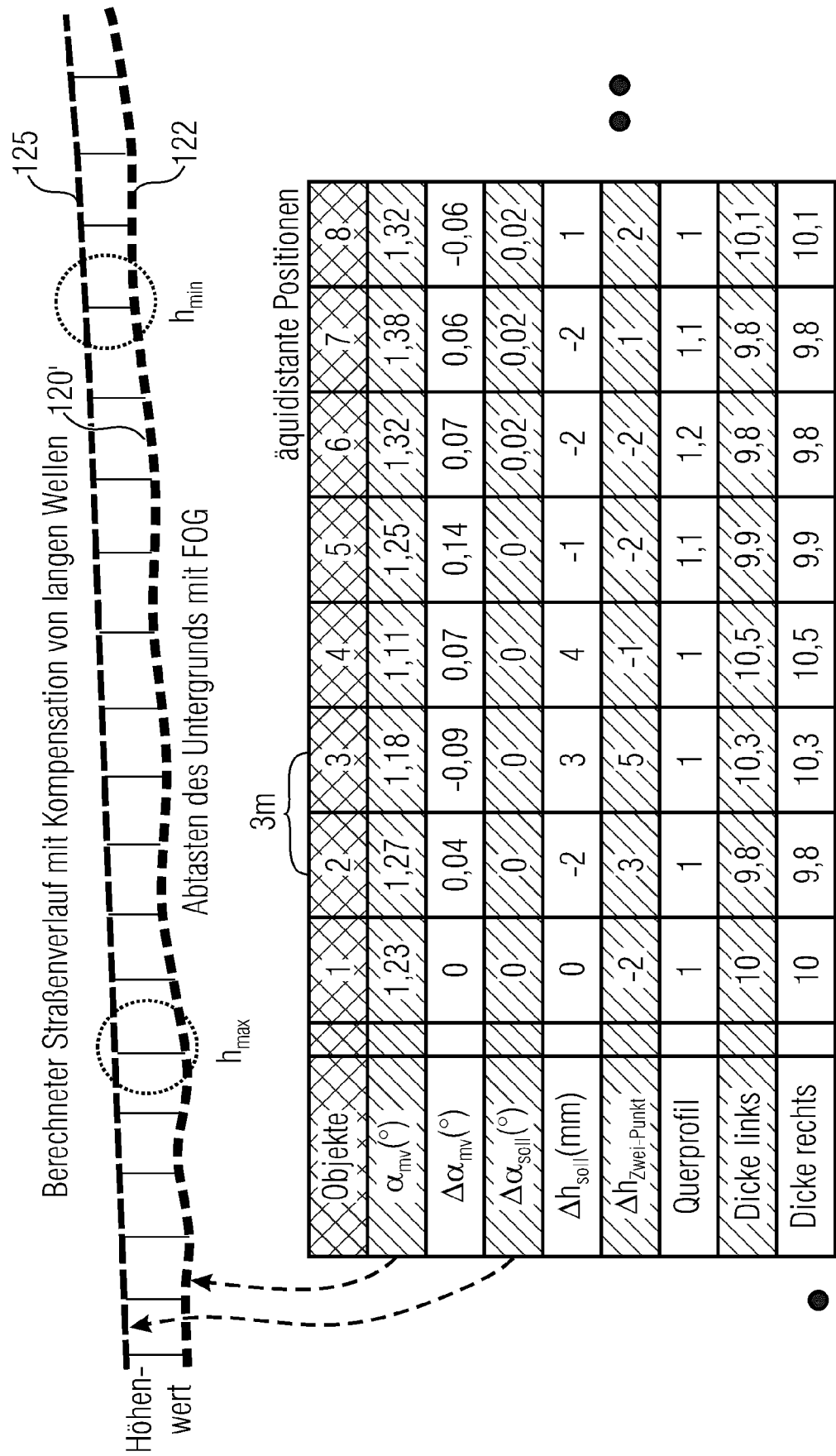


Fig. 4

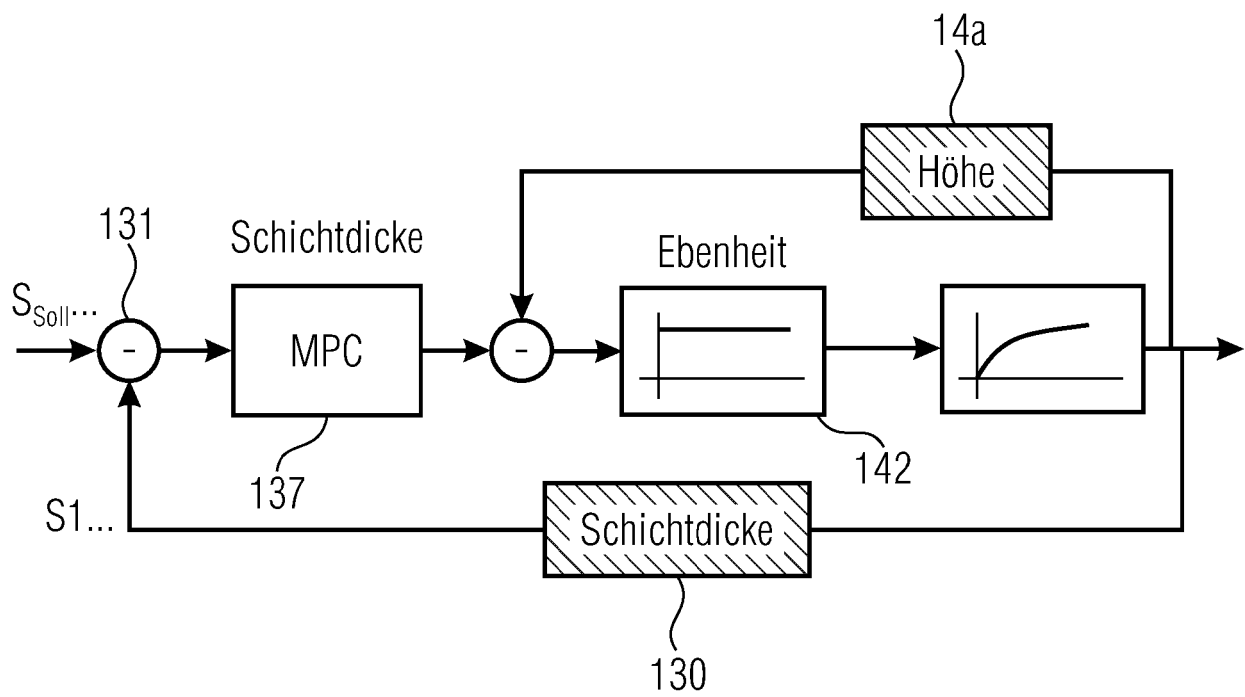


Fig. 5a

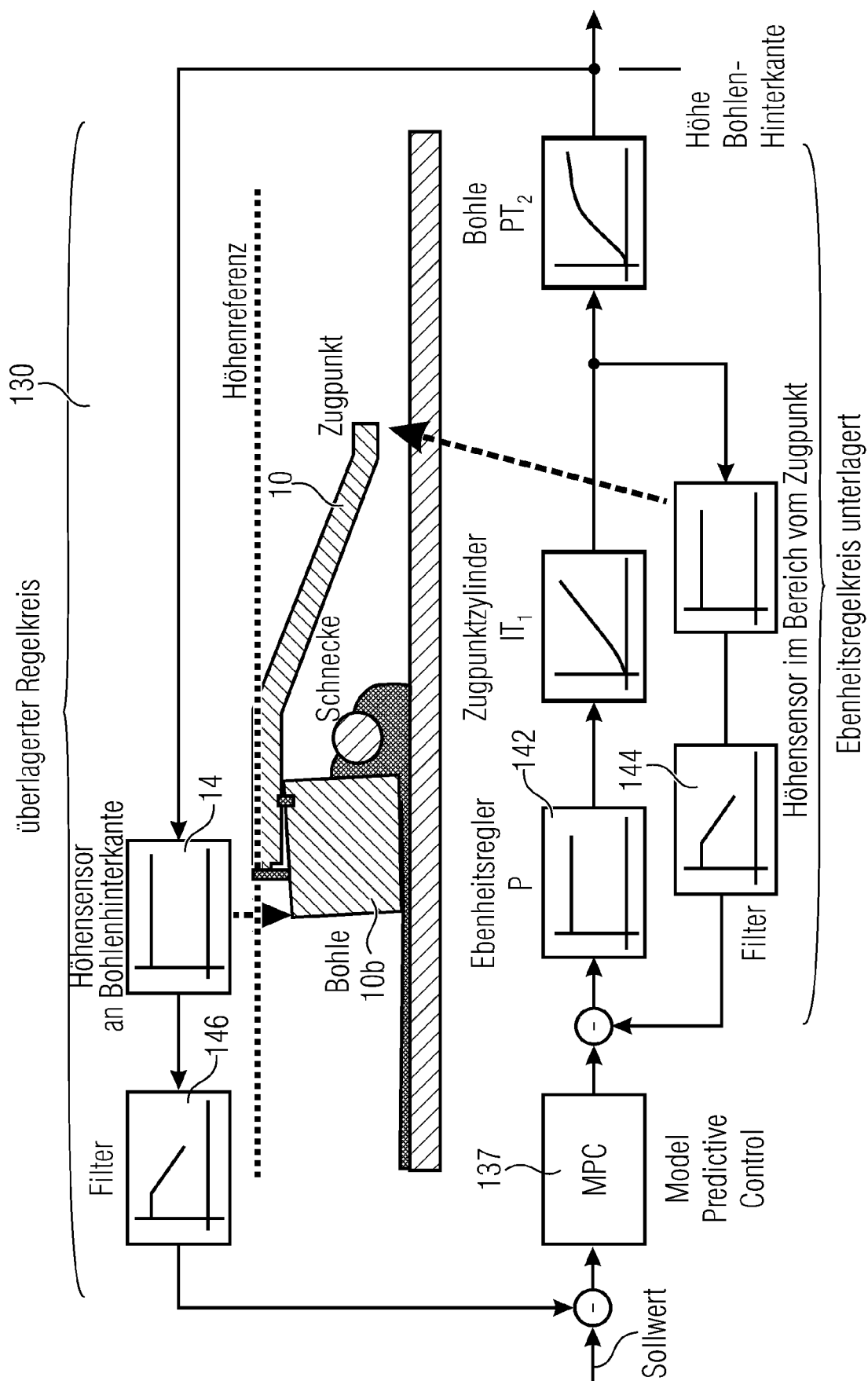


Fig. 5b

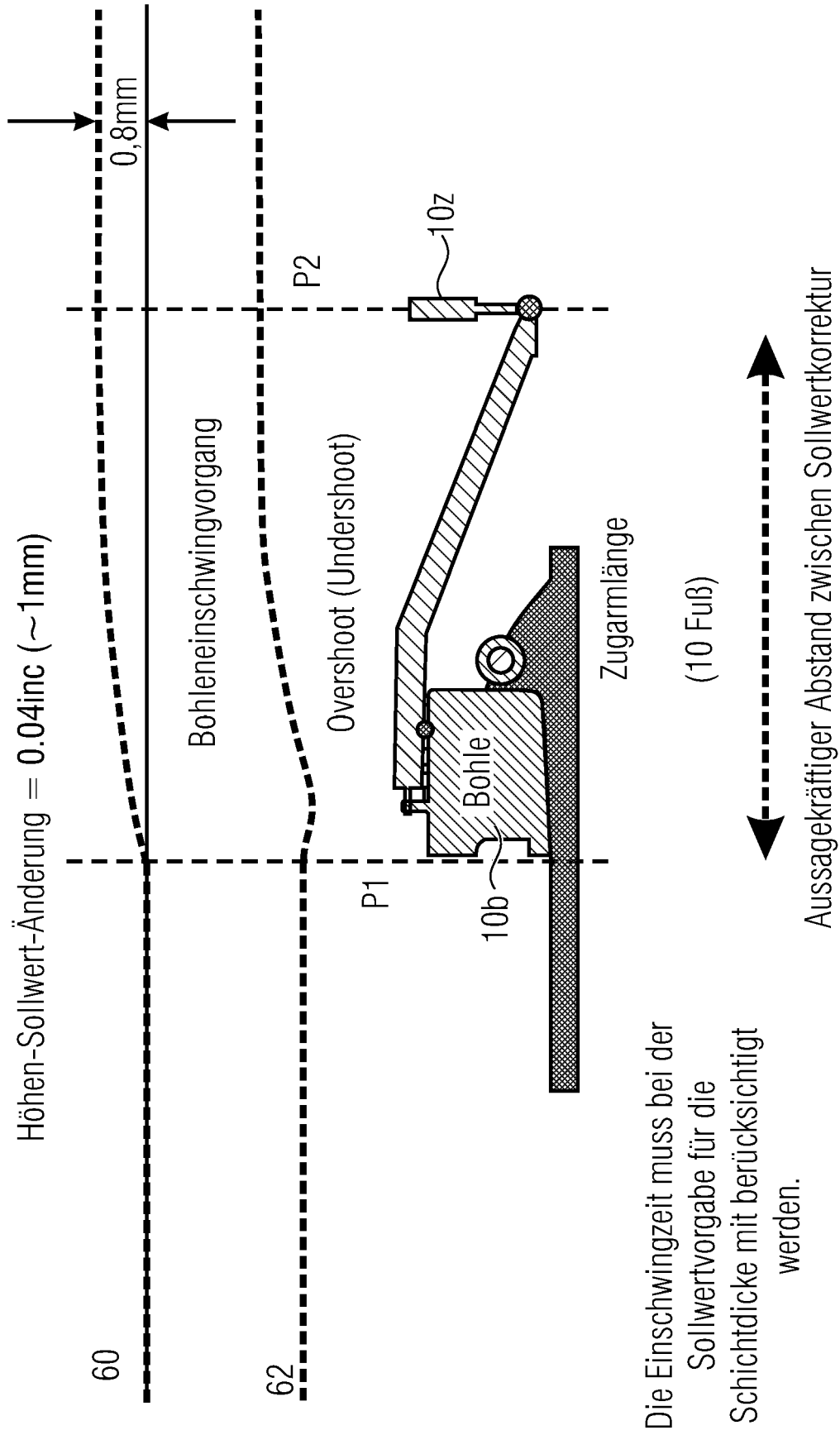


Fig. 6a

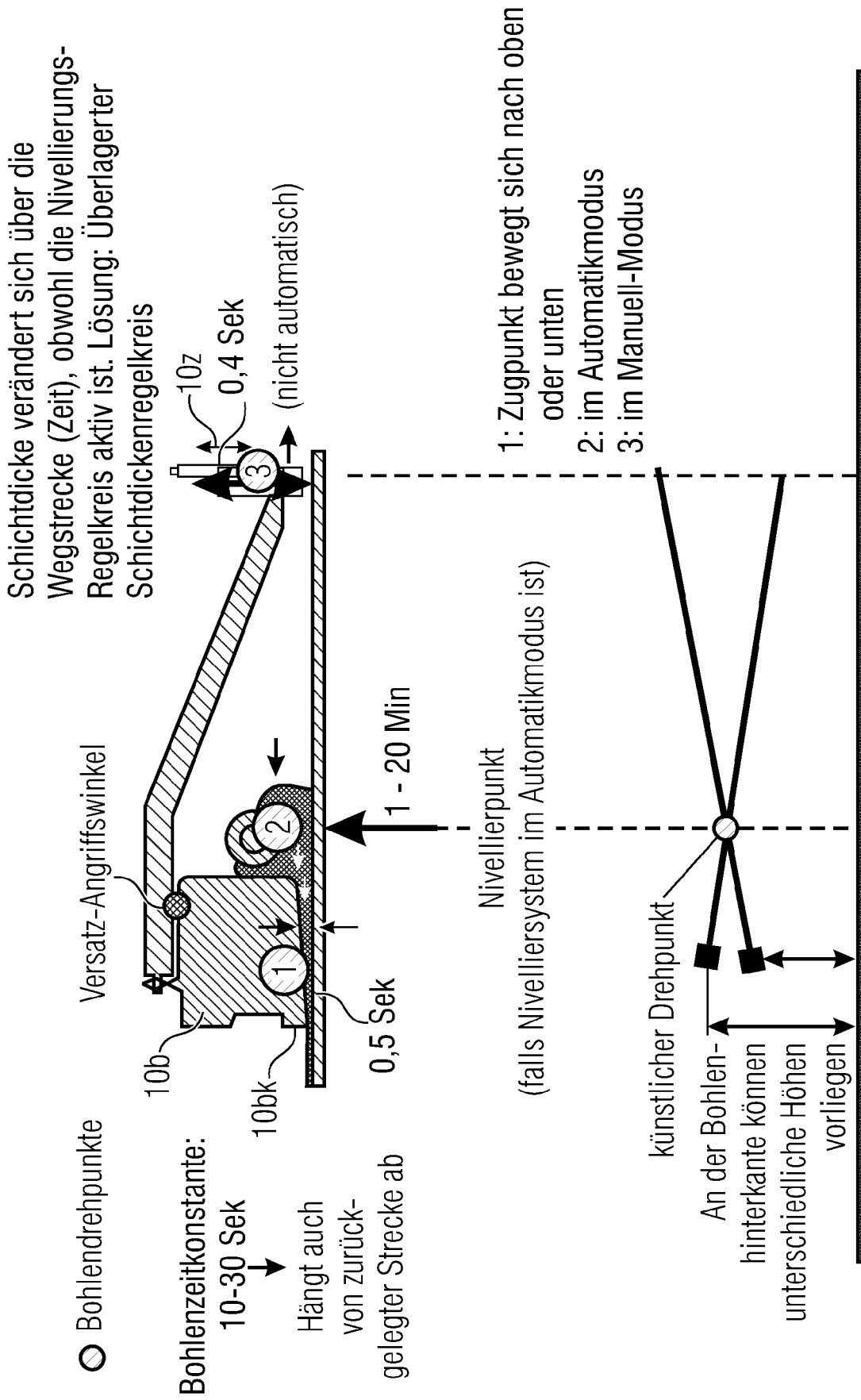
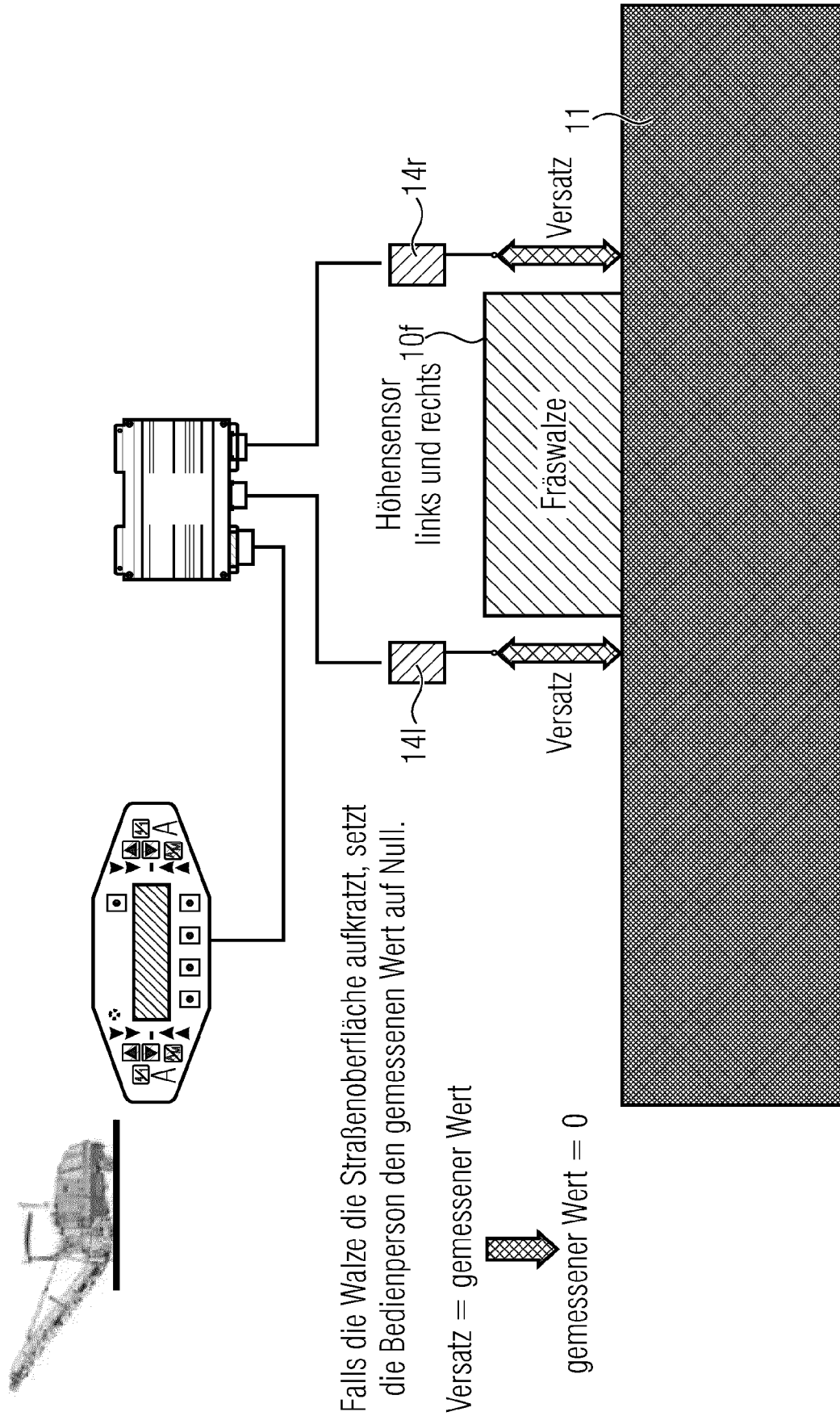


Fig. 6b



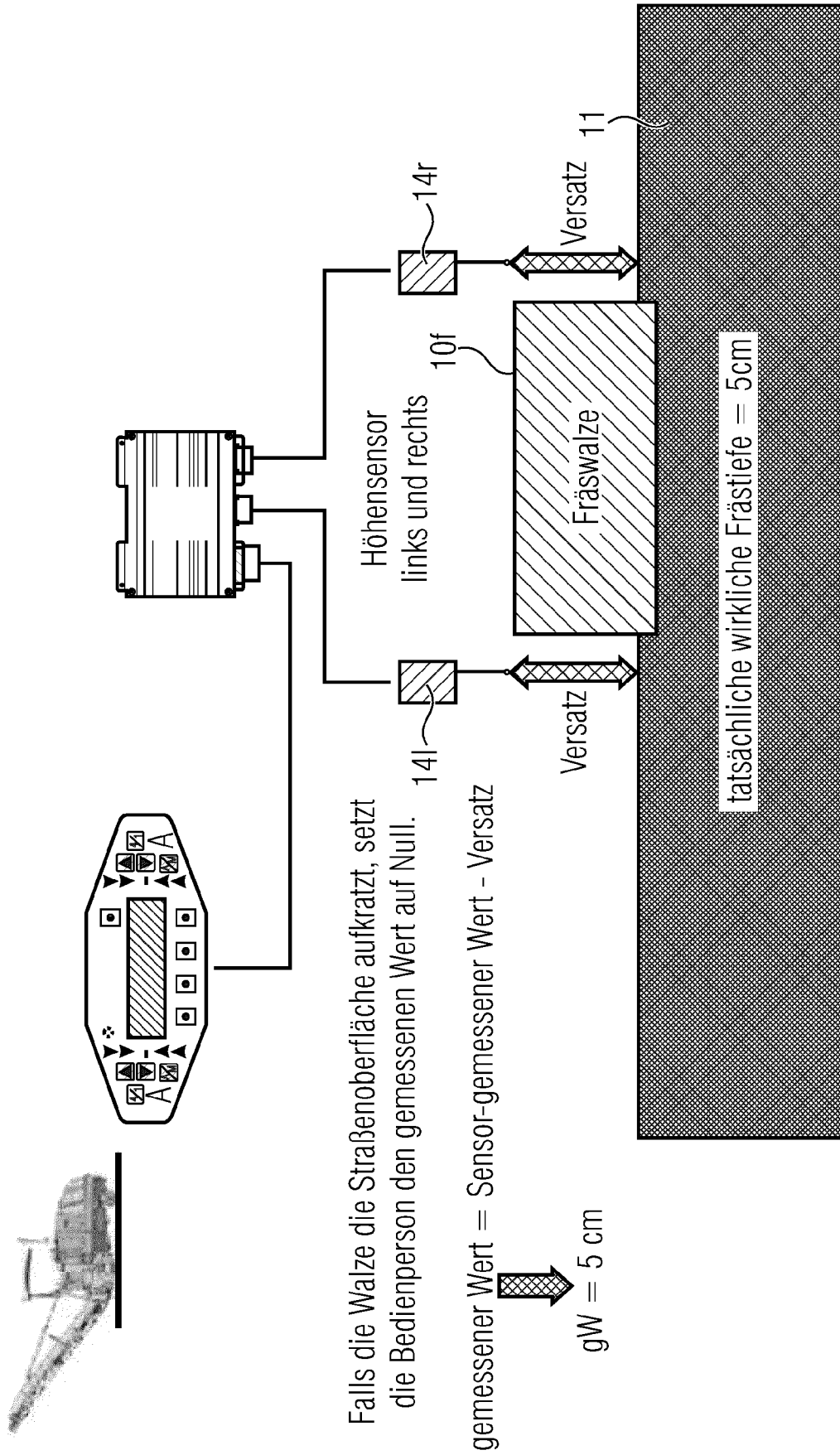
Falls die Walze die Straßenoberfläche aufkratzt, setzt die Bedienperson den gemessenen Wert auf Null.

Versatz = gemessener Wert



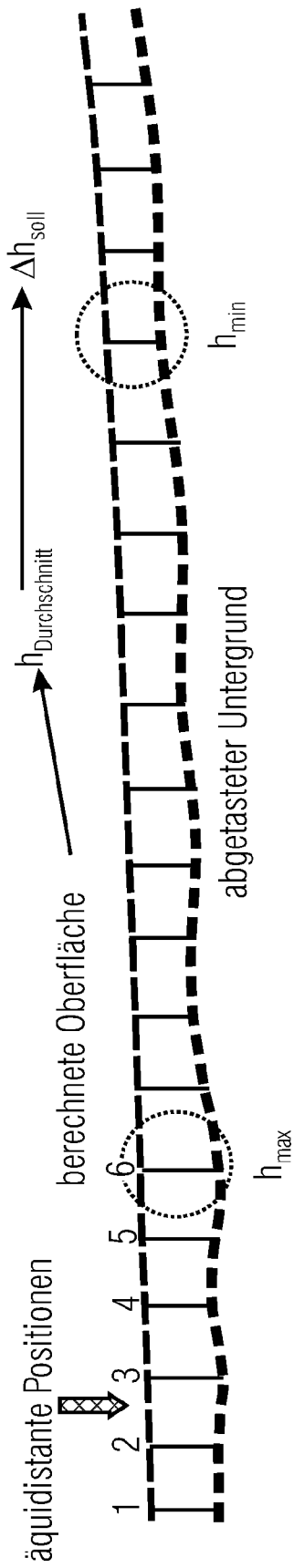
gemessener Wert = 0

Fig. 7a



Falls der Sensorversatz ok ist, liefern die Fräsnivelliersensoren immer die wirkliche Tiefe an das Steuersystem.

Fig. 7b



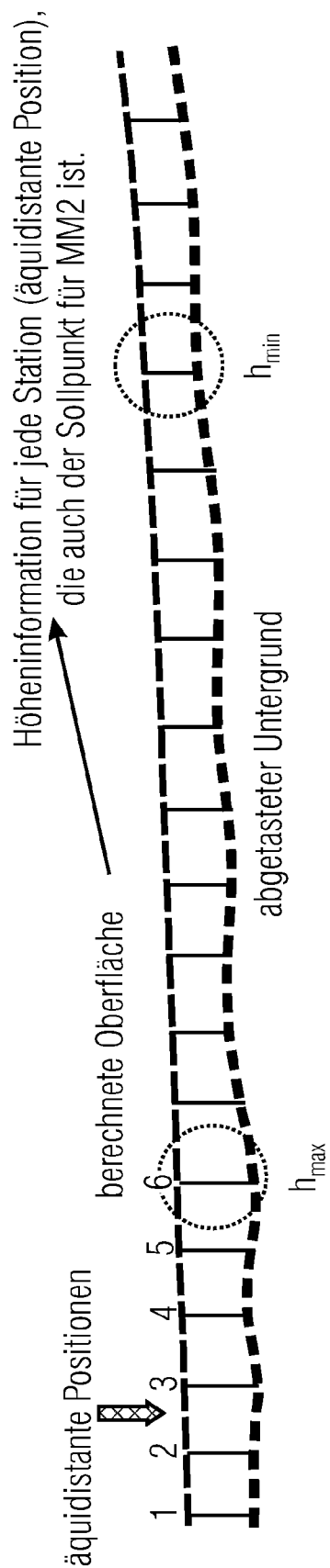
Position (n)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$h_{\text{Durchschnitt}}$	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
$\Delta h_{\text{soll}(n)}$	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2
$\Delta h_{\text{soll}(n+1)}$	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
α_{Neigung}	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
α_{Neigung}	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0

Sollpunkt wird bei jeder äquidistanten Position an MM2 gesendet:

Sollpunkt gesendet an $MM2_n = \text{empfangener Sollpunkt von MM2} + \Delta h_{\text{soll}(n+1)}$

Fig. 8a



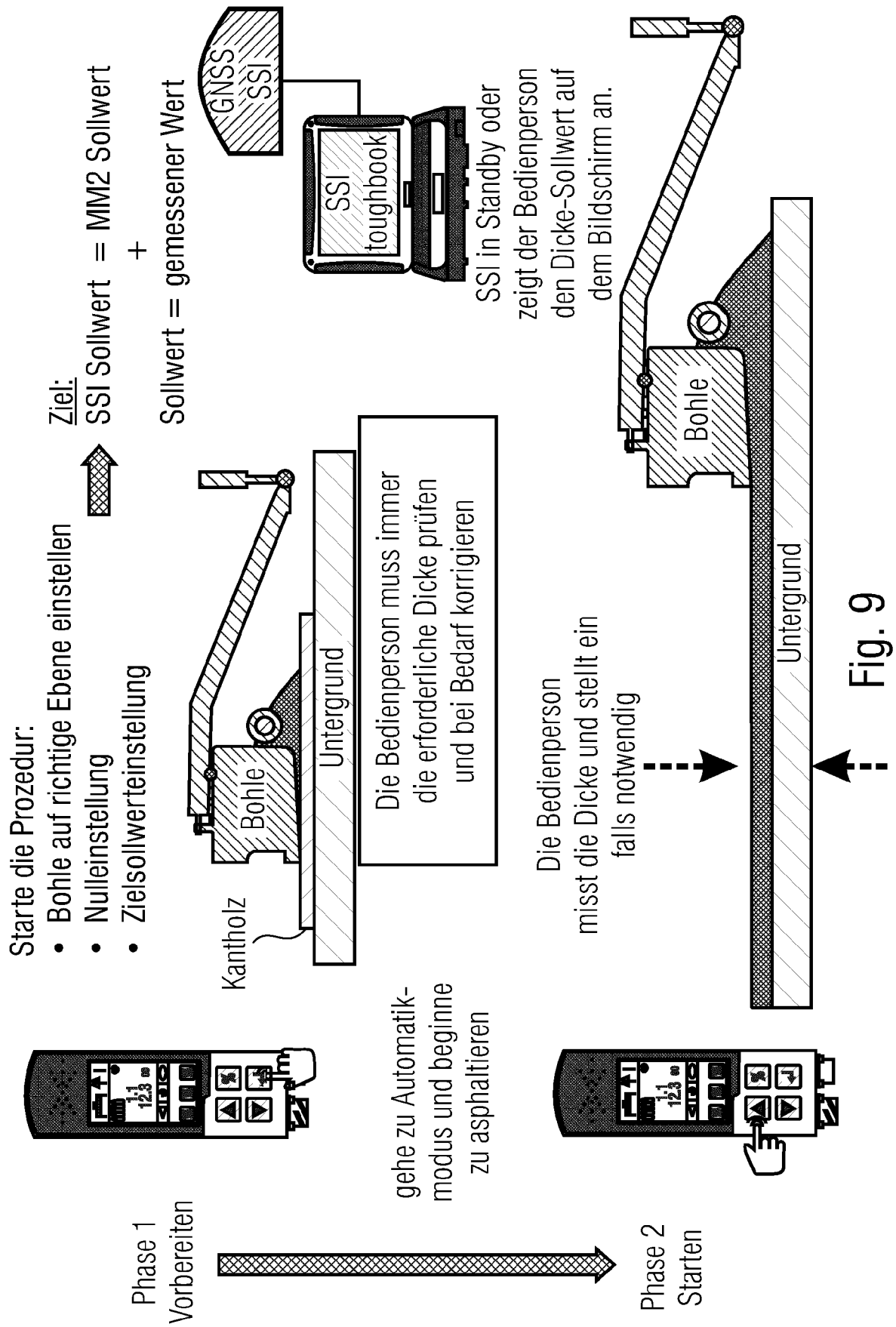
Position (n)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Erforderliche Höhe	5,0	5,0	5,1	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,2	5,2	5,2	5,1	5,1	5,1
Sollpunkt MM2	5,0	5,1	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,2	5,2	5,2	5,1	5,1	5,1	5,0
α_{Neigung}	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
$\alpha_{\text{Neigung MM2}}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0

Sollpunkt wird bei jeder äquidistanten Position an MM2 gesendet:

Sollpunkt gesendet an $MM2_n$ = erforderliche Höhe h_{n-1} gemessener Wert h_n = erforderliche Höhe h_{n+1} - Sollwertänderung

Fig. 8b





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 15 4187

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)
X	EP 0 542 297 A1 (MOBA ELECTRONIC MOBIL AUTOMAT [DE]) 19. Mai 1993 (1993-05-19) * Beschr. Sp. 3, Abs. 4; Sp. 4, Z. 49, 50; Anspruch 1 *	1-9, 12-19 6,11 10	INV. E01C19/00
Y	DE 10 2015 001101 A1 (DYNAPAC GMBH [DE]) 4. August 2016 (2016-08-04) * Abbildung 1 *	11 1	
A	US 2006/045620 A1 (OLSON DALE M [US] ET AL) 2. März 2006 (2006-03-02) * Anspruch 1; Abbildung 1 *	1	
A	DE 10 2014 018113 A1 (DYNAPAC GMBH [DE]) 14. April 2016 (2016-04-14) * Anspruch 1; Abbildung 1 *	1	
A	WO 2018/065551 A1 (KELLY ANTHONY [IE]) 12. April 2018 (2018-04-12) * Anspruch 1 *	1	
X	JP H04 179706 A (NIIGATA ENGINEERING CO LTD) 26. Juni 1992 (1992-06-26) * das ganze Dokument *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) E01C
A	DE 100 25 462 A1 (MOBA MOBILE AUTOMATION GMBH [DE]) 6. Dezember 2001 (2001-12-06) * Anspruch 1 *	1	
A	US 2011/255918 A1 (WORSLEY ANDREW JAMES [NZ] ET AL) 20. Oktober 2011 (2011-10-20) * Anspruch 1; Abbildung 1 *	1	
A	US 5 393 167 A (FUJITA MAKIO [JP] ET AL) 28. Februar 1995 (1995-02-28) * Anspruch 4 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. Juni 2023	Prüfer Lorandi, Lorenzo
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 : nichtschriftliche 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	



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 23 15 4187

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)
Y	EP 2 025 811 A1 (VOEGELE AG J [DE]) 18. Februar 2009 (2009-02-18)	6	
A	* das ganze Dokument * -----	1	
Y	EP 3 739 122 A1 (VOEGELE AG J [DE]) 18. November 2020 (2020-11-18)	6	
A	* Absatz [0011] * -----	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. Juni 2023	Prüfer Lorandi, Lorenzo
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 : nichtschriftliche 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	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 23 15 4187

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.

02-06-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0542297 A1	19-05-1993	DE 9214769 U1 EP 0542297 A1	01-04-1993 19-05-1993
DE 102015001101 A1	04-08-2016	KEINE	
US 2006045620 A1	02-03-2006	CN 1743552 A DE 102005040326 A1 US 2006045620 A1	08-03-2006 13-04-2006 02-03-2006
DE 102014018113 A1	14-04-2016	KEINE	
WO 2018065551 A1	12-04-2018	EP 3523479 A1 GB 2554872 A US 2020048843 A1 WO 2018065551 A1	14-08-2019 18-04-2018 13-02-2020 12-04-2018
JP H04179706 A	26-06-1992	JP H0749642 B2 JP H04179706 A	31-05-1995 26-06-1992
DE 10025462 A1	06-12-2001	KEINE	
US 2011255918 A1	20-10-2011	CN 102220738 A DE 102011001542 A1 US 2011255918 A1	19-10-2011 13-12-2012 20-10-2011
US 5393167 A	28-02-1995	DE 69126017 T2 EP 0510215 A1 KR 920702454 A US 5393167 A WO 9208847 A1	06-11-1997 28-10-1992 04-09-1992 28-02-1995 29-05-1992
EP 2025811 A1	18-02-2009	CN 101368361 A EP 2025811 A1 US 2009047069 A1	18-02-2009 18-02-2009 19-02-2009
EP 3739122 A1	18-11-2020	BR 102020009320 A2 CN 111945524 A CN 212983528 U EP 3739122 A1 JP 7126530 B2 JP 2020190186 A PL 3739122 T3 US 2020362522 A1	17-11-2020 17-11-2020 16-04-2021 18-11-2020 26-08-2022 26-11-2020 29-11-2021 19-11-2020

EPO FORM P0461

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

- EP 2921588 A [0036]
- EP 3048199 A [0036]
- EP 3228981 A [0036]