



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.07.2021 Patentblatt 2021/29

(51) Int Cl.:
E01C 19/48^(2006.01) E01C 23/07^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20152122.6**

(22) Anmeldetag: **16.01.2020**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME KH MA MD TN

• **WEISER, Ralf**
68526 Ladenburg (DE)

(74) Vertreter: **Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB**
Leopoldstraße 4
80802 München (DE)

(71) Anmelder: **Joseph Vögele AG**
67067 Ludwigshafen (DE)

Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(72) Erfinder:
• **BUSCHMANN, Martin**
67435 Neustadt (DE)

(54) **STRASSENFERTIGER MIT VERDICHTUNGSSTEUERUNG**

(57) Straßenfertiger (1) mit einer Einbaubohle (11), wobei die Einbaubohle (11) einen Tamper (21) umfasst, und der Straßenfertiger (1) des Weiteren einen GNSS-Empfänger (13) sowie einen Materialförderer (7) umfasst. Der Straßenfertiger (1) umfasst des Weiteren ein elektronisches Steuerungssystem (15), welches einen Speicher (17) und einen Datenprozessor (19) umfasst, wobei in dem Speicher (17) digitale Bauwerksdaten (37), insbesondere ein Soll-Höhenprofil (43) eines zu

fertigenden Straßenbelags (28), eine Soll-Schichtstärke (d_S) des Einbaumaterials (5) und gegebenenfalls ein Höhenprofil (39) eines Planums (27) gespeichert sind. Das Steuerungssystem (15) ist dazu konfiguriert, die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke (d_S) automatisch zu steuern, um das Einbaumaterial (5) für den jeweiligen mit dem GNSS-Empfänger (13) ermittelten Ortskoordinatenpunkt (41) des Straßenfertigers (1) einzubauen.

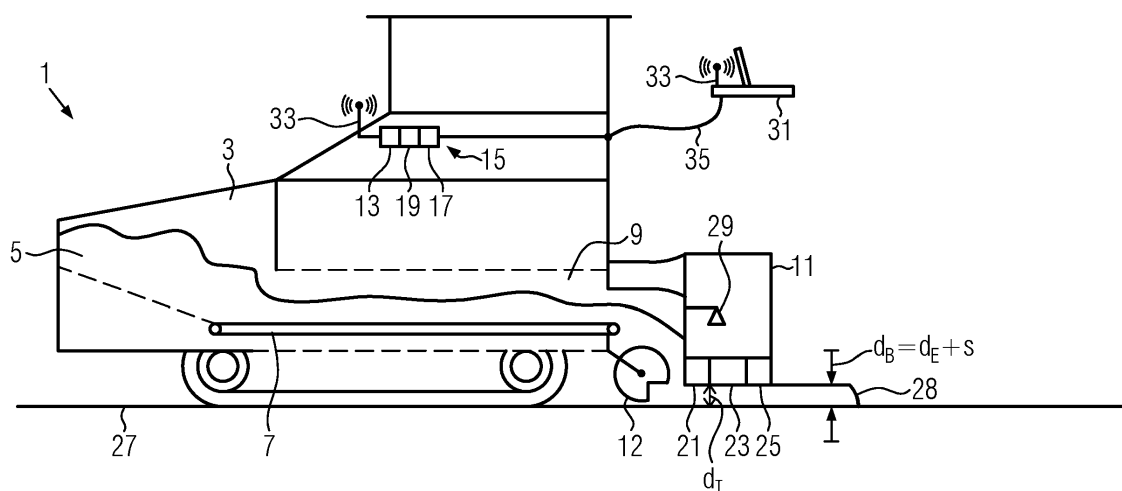


FIG. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Straßenfertiger sowie ein Verfahren zum Betrieb eines Straßenfertigers.

[0002] Im Straßenbau findet man häufig ein Planum, also einen für den Auftrag eines Straßenbelags vorbereiteten Untergrund, vor, welcher noch Unebenheiten aufweist. Demzufolge müssen beim Einbau des Straßenbelags diese Unebenheiten ausgeglichen werden, um eine ebene Fahrbahnoberfläche zu erhalten. Dazu ist es bislang bekannt, die Nivellierzylinder eines Straßenfertigers anzusteuern, um mittels konventioneller Nivellierung die Schichtdicke des Straßenbelags zu variieren, so dass Vertiefungen mit einer dickeren und Erhebungen mit einer dünneren Schicht von Einbaumaterial ausgeglichen werden, so dass insgesamt ein vollständig ebener Fahrbahnbelag eingebaut wird. Dies hat sich jedoch als nachteilig erwiesen, da beim anschließenden Nachverdichten mittels einer Walze erneut Unebenheiten im eingebauten Fahrbahnbelag entstehen, da die dickeren Schichten ein höheres Walzmaß, d.h. eine absolute Abnahme der Schichtdicke durch die Verdichtungsleistung der Walze, aufweisen als dünnere Schichten.

[0003] Aus der US 2010/0129152 A1 ist bekannt, der Problematik eines höheren Walzmaßes bei dickeren Materialschichten zu begegnen, indem in Bereichen von Vertiefungen im Planum das Einbaumaterial stärker erhöht wird als im Bereich von Erhebungen des Planums, die Fahrbahnfläche also durch den Fertiger uneben eingebaut wird. Zur Steuerung werden dabei digitale Planumsdaten verwendet. Das beschriebene Verfahren weist jedoch Nachteile, wie beispielsweise die mitunter schwierig zu steuernde Änderung der Einbauhöhe auf, insbesondere bei Änderungen der Planumshöhe in kleinen Abständen.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Straßenfertiger mit einem verbesserten Steuerungssystem sowie ein verbessertes Verfahren zum Betrieb eines Straßenfertigers bereitzustellen.

[0005] Gelöst wird die Aufgabe durch einen Straßenfertiger mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie einem Verfahren zum Betrieb eines Straßenfertigers mit den Merkmalen des Anspruchs 7. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Ein erfindungsgemäßer Straßenfertiger umfasst eine Einbaubohle, wobei die Einbaubohle einen Tamper umfasst. Der Straßenfertiger umfasst des Weiteren einen GNSS-Empfänger (Globales Navigations-Satelliten-System Empfänger), einen Materialförderer und ein elektronisches Steuerungssystem, welches einen Speicher und einen Datenprozessor umfasst. In dem Speicher sind digitale Bauwerksdaten, insbesondere ein Soll-Höhenprofil eines zu fertigenden Straßenbelags, eine Soll-Schichtstärke des Einbaumaterials und gegebenenfalls ein Höhenprofil eines Planums gespeichert. Das Steuerungssystem ist dazu konfiguriert, die Verdichtungsleistung der Einbaubohle in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke automatisch zu steuern, um das Einbaumaterial für den jeweiligen mit dem GNSS-Empfänger ermittelten Ortskoordinatenpunkt des Straßenfertigers einzubauen.

[0006] Bei einem unebenen Planum ist die Soll-Schichtstärke variabel, so dass eine ebene Oberfläche bzw. ein ebener Fahrbahnbelag erhalten wird. Die Verdichtungsleistung der Einbaubohle kann nun so gesteuert werden, dass dort, wo das Planum eine Vertiefung aufweist, also eine größere Schichtstärke eingebaut werden muss, das Material mit einem höherem Verdichtungsgrad eingebaut wird als in einem Bereich einer Erhöhung des Planums und somit geringerer Schichtstärke. Die Verdichtungsgrade werden dabei zweckmäßig so gewählt, dass beim anschließenden Nachverdichten durch eine Walze alle Bereiche um den gleichen Absolutwert komprimiert werden, das Walzmaß also überall gleich groß ist, also die Bereiche höherer Schichtstärke prozentual weniger durch die Walze komprimiert und nachverdichtet werden als die Bereiche niedrigerer Schichtstärke. Somit kann der Einbau des Materials mit einer ebenen Oberfläche erfolgen und diese Ebenheit wird auch beim Nachverdichten beibehalten, da sich der Fahrbahnbelag überall gleich stark absenkt.

[0007] Vorzugsweise ist in dem Speicher des Steuerungssystems ein Vorverdichtungsgrad für einen jeweiligen Ortskoordinatenpunkt gespeichert. Somit müssen die Werte nicht erst berechnet werden, sondern es können direkt die entsprechenden Steuerungssignale an die zur Einstellung des Verdichtungsgrads relevanten Komponenten des Straßenfertiges übermittelt werden.

[0008] In einer zweckmäßigen Variante weist der Straßenfertiger einen Sensor zur Messung einer Ist-Schichtstärke von Einbaumaterial auf, wobei das Steuerungssystem dazu konfiguriert ist, eine Abweichung der Ist-Schichtstärke von der Soll-Schichtstärke zu berechnen. So kann mit einem Rückkopplungsmechanismus das Einbaumaterial mit der gewünschten Soll-Schichtstärke, also bis die Abweichung von Ist- und Soll-Schichtstärke gleich Null ist, exakt eingebaut werden. Es sind dazu Ultraschallsensoren, mechanische Tastsensoren, Lasersensoren oder andere geeignete Sensoren, welche mit oder ohne externen Bezugspunkt arbeiten, verwendbar.

[0009] Bevorzugt ist das Steuerungssystem dazu konfiguriert, die Verdichtungsleistung der Einbaubohle durch Steuerung der Tamperfrequenz und/oder des Tamperhubs automatisch einzustellen. Der Tamper stampft das Mischgut unter die Einbaubohle und sorgt damit für eine ausreichende Menge an Einbaumaterial und verdichtet dieses.

[0010] In einer vorteilhaften Variante umfasst die Einbaubohle ein Glättblech und/oder eine Pressleiste und das Steuerungssystem ist dazu konfiguriert, die Verdichtungsleistung der Einbaubohle durch Steuerung der Vibrationsfrequenz und/oder -amplitude des Glättblechs und/oder des Pressleistendrucks automatisch einzustellen. Durch diese Vorrichtungen können Hochverdichtungsgrade erreicht werden.

[0011] In einer weiteren Variante ist das Steuerungssystem dazu konfiguriert ist, die Verdichtungsleistung der Einbaubohle durch Steuerung der Einbaugeschwindigkeit automatisch einzustellen. Die Einbaugeschwindigkeit bestimmt die Einwirkdauer der Verdichtungsaggregate Tamper, Glättblech und Pressleiste und ist besonders geeignet zur Anpassung der Einstellungen an eine erforderliche Arbeitsbreite.

[0012] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Betrieb eines Straßenfertigers, insbesondere eines Straßenfertigers nach einer der oben beschriebenen Ausführungsformen, umfasst folgende Verfahrensschritte:

- Vorhalten von digitalen Bauwerksdaten, insbesondere ein Höhenprofil eines Planums, in einem Speicher eines elektronischen Steuerungssystems,
- Vorhalten von digitalen Bauwerksdaten, insbesondere ein Soll-Höhenprofil eines zu fertigenden Straßenbelags sowie eine Soll-Schichtstärke eines Einbaumaterials für die Ortskoordinatenpunkte des Planums,
- Einbau des Einbaumaterials, wobei die jeweilige aktuelle Position des Straßenfertigers mittels eines GNSS-Empfängers ermittelt wird und das elektronische Steuerungssystem die Verdichtungsleistung der Einbaubohle in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke automatisch steuert, um das Einbaumaterial mit einem jeweiligen Vorverdichtungsgrad einzubauen.

[0013] Wie oben bereits erwähnt, kann so der Einbau des Einbaumaterials mit einem bekannten und von der Schichtstärke abhängigen Vorverdichtungsgrad erfolgen. Damit kann auch der Höhenverlust durch die Nachverdichtung mit einer Walze vorhergesagt werden und das Einbaumaterial mit einer um das Walzmaß größeren Schichtstärke eingebaut werden. Dabei wird erreicht, dass das Walzmaß für alle Ortskoordinatenpunkte gleich ist. Zur Berechnung und Steuerung der Verdichtungsleistung können neben der Soll-Schichtstärke des jeweiligen Ortskoordinatenpunkts bzw. der aktuellen Position auch ein oder mehrere Soll-Schichtstärken der kommenden, also in Fahrtrichtung weiter vorne liegenden Ortskoordinatenpunkte, berücksichtigt werden. Ebenso können auch ein oder mehrere zurückliegende Werte verwendet werden, um einen stetigen Verlauf der Oberfläche zu gewährleisten.

[0014] Vorzugsweise umfasst der Einbau des Einbaumaterials das Erfassen einer Ist-Schichtstärke mittels eines Sensors und das Berechnen einer Differenz der Ist-Schichtstärke mit der Soll-Schichtstärke und dass der Straßenfertiger zur Minimierung der Differenz automatisch gesteuert wird. Somit können die wesentlichen Parameter des Einbaubetriebs, nämlich die Schichtstärke und der Vorverdichtungsgrad automatisch überwacht und gesteuert werden. Damit kann der Bediener des Straßenfertigers mehr Aufmerksamkeit anderen zu erledigenden Aufgaben im Einbaubetrieb widmen. Dabei ist es denkbar, die momentanen Werte der Einbauparameter, insbesondere Schichtstärke und Vorverdichtungsgrad, auf einem Display anzeigen zu lassen, so dass ein Bediener diese ablesen und auch in die automatische Steuerung eingreifen und die Parameter verändern kann. Dadurch, dass der Verlauf, also insbesondere auch die zur aktuellen Position noch folgenden Werte, der Soll-Schichtstärke sowie des Verdichtungsgrads entlang der Einbaustrecke bekannt ist, werden durch das Steuerungssystem alle Einstellungsänderungen automatisch vorgenommen, und Korrekturen werden zumeist nur im Rahmen eines automatischen Rückkopplungsmechanismus zum Erreichen der Sollwerte vorgenommen, wodurch eine ungewünschte Sollwertabweichung bereits verhindert wird.

[0015] In einer vorteilhaften Variante stellt das elektronische Steuerungssystem die Verdichtungsleistung der Einbaubohle durch Steuerung der Tamperfrequenz und/oder des Tamperhubs automatisch ein. Der Tamper kann als erste Stufe der Bohlenverdichtung angesehen werden. Er beeinflusst zum einen die Menge an Einbaumaterial welches unter die Bohle gelangt. Zum anderen wird durch ihn das Einbaumaterial vorverdichtet.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Variante stellt das Steuerungssystem die Verdichtungsleistung der Einbaubohle durch Steuerung der Vibrationsfrequenz und/oder -amplitude des Glättblechs und/oder des Pressleistendrucks automatisch ein. Damit können Hochverdichtungsgrade auch bei größeren Schichtstärken erreicht werden.

[0017] In einer weiteren Variante stellt das Steuerungssystem die Verdichtungsleistung der Einbaubohle durch Steuerung der Einbaugeschwindigkeit automatisch ein. Insbesondere kann die Einbaugeschwindigkeit in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke eingestellt werden.

[0018] In einer zweckmäßigen Variante werden die digitalen Bauwerksdaten, welche das Höhenprofil des Planums umfassen, zu Beginn des Verfahrens von einer externen Datenverarbeitungsanlage in den Speicher des elektronischen Steuerungssystems mittels Funk- oder Kabelverbindung übertragen. Bei der externen Datenverarbeitungsanlage kann es sich beispielsweise um einen Laptop, Tablet, Mobiltelefon, stationären Personalcomputer, Server oder ähnlichem handeln und die Funkübertragung kann mittels, RFID, Bluetooth, WLAN, Mobilfunkverbindung oder ähnlichem erfolgen. So können die Planumsdaten, welche beispielsweise zuvor mittels Oberflächenscan mit einem unabhängigen Fahrzeug ermittelt wurden, analysiert, aufbereitet und um davon abhängige, berechnete Daten ergänzt werden. Das kann beispielsweise an einem zentralen Ort zur Baustellenüberwachung stattfinden und die Daten können dann zum Straßenfertiger auf der Baustelle übertragen werden.

[0019] In einer bevorzugten Variante wird mittels einer externen Datenverarbeitungsanlage die jeweilige Verdichtungs-

leistung in Abhängigkeit der ermittelten Soll-Schichtstärke berechnet und/oder die jeweilige Verdichtungsleistung in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke einem Ortskoordinatenpunkt zugewiesen und die Daten werden anschließend in den Speicher des elektronischen Steuerungssystems übertragen. Die Verdichtungsleistung und damit der Vorverdichtungsgrad können also stets berechnet werden oder einem tabellenartigen Datensatz entnommen werden. Das Berechnen mittels einer externen Anlage hat den Vorteil, dass die notwendigen Geräte einfach vorgehalten werden können und die Daten zudem noch mittels entsprechenden EDV-Geräten dargestellt, analysiert und bearbeitet werden können.

[0020] In einer weiteren Variante wird mittels des elektronischen Steuerungssystems die jeweilige Verdichtungsleistung in Abhängigkeit von der ermittelten Soll-Schichtstärke berechnet und/oder die jeweilige Verdichtungsleistung in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke einem Ortskoordinatenpunkt zugewiesen. Diese und weitere Berechnungen können also direkt auf dem Straßenfertiger ausgeführt werden. Dies könnte sogar während des Betriebs für die jeweils noch folgenden Positionen erfolgen, wodurch Zeit eingespart werden kann. Außerdem werden Übertragungskapazitäten eingespart, je geringer die von extern erhaltenen Datenmengen sind.

[0021] Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher beschrieben. Dabei zeigen

Figur 1: eine schematische Seitenansicht eines Straßenfertigers,

Figur 2: eine dreidimensionale Ansicht von Bauwerksdaten,

Figur 3: eine schematische Ansicht der Bohlenverdichtung von Einbaumaterial bei ebenem Planum,

Figur 4: eine schematische Ansicht der Walzverdichtung von Einbaumaterial bei ebenem Planum,

Figur 5: die graphische Darstellung der Änderung des Verdichtungsgrads der Einbaubohle in Abhängigkeit der Schichtstärke bei konstantem Walzmaß,

Figur 6: eine schematische Ansicht der Bohlenverdichtung von Einbaumaterial bei unebenem Planum,

Figur 7: eine schematische Ansicht der Walzverdichtung von Einbaumaterial bei unebenem Planum.

[0022] Einander entsprechende Komponenten sind in den Figuren jeweils mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0023] Figur 1 zeigt eine schematische Seitenansicht eines Straßenfertigers 1, wobei in einem unteren Bereich in einer Schnittansicht ein Gutbunker 3 mit Einbaumaterial 5 dargestellt ist, und das Einbaumaterial 5 mittels eines Materialförderers 7 durch einen Tunnel 9 nach hinten vor eine Einbaubohle 11 gefördert und dort von einer Verteilerschnecke 12 gleichmäßig verteilt wird. Der Straßenfertiger 1 umfasst des Weiteren einen GNSS-Empfänger 13 welcher mit einem elektronischen Steuerungssystem 15 verbunden ist. Das elektronische Steuerungssystem 15 umfasst einen Speicher 17 und einen Datenprozessor 19. Die Einbaubohle 11 umfasst einen Tamper 21, ein Glättblech 23, und eine Pressleiste 25, wobei jeweils auch mehrere dieser Komponenten vorhanden sein können. Das Einbaumaterial 5 wird mittels der Einbaubohle 11 vorverdichtet und mit einer Schichtstärke d_B , welche im Idealbetrieb der Soll-Schichtstärke d_S entspricht, auf einem Planum 27 als Straßenbelag 28 eingebaut, wobei die Soll-Schichtstärke d_S um ein Walzmaß s höher ist als die gewünschte Endschichtstärke d_E , welche nach der Nachverdichtung durch eine Walze vorliegt. Ein Sensor 29, welcher an der Einbaubohle 11 oder dem Chassis des Straßenfertigers 1 angebracht sein kann, dient zur Messung der Ist-Schichtstärke d_I des Einbaumaterials 5. Dabei kann der Sensor 29 auch so angebracht sein, dass er die Ist-Schichtstärke d_I noch während des Einbaus misst, und so die Einbaubohle 11 nachgeregelt werden kann. Eine externe Datenverarbeitungsanlage 31, beispielsweise ein Laptop, kann zum Senden und Empfangen von Bauwerksdaten, mittels Funkverbindung über Antennen 33 am Straßenfertiger 1 und an der Datenverarbeitungsanlage 31, wobei die Antennen 33 auch zum Empfang von Satellitensignalen zur Positionsbestimmung geeignet sein können, oder über eine Kabelverbindung 35, vorgesehen sein.

[0024] Figur 2 zeigt eine dreidimensionale Ansicht von digitalen Bauwerksdaten 37. Das Planum 27 weist ein Höhenprofil 39 auf, welches Höhendaten für einzelne Ortskoordinatenpunkte 41 umfasst. Dieses Höhenprofil 39 kann durch einen vorangegangenen Oberflächenscan mittels eines externen Fahrzeugs erhalten worden sein. Ebenso ist es jedoch auch möglich, dass eine entsprechende Scanvorrichtung am Straßenfertiger 1 selbst angebracht ist und der Oberflächenscan für einen in Fahrtrichtung weiter vorne gelegenen Teil des Planums 27 geschieht, während in einem hinteren Teil bereits Einbaumaterial 5, basierend auf den bereits gewonnenen digitalen Bauwerksdaten 37, eingebaut wird. Die Daten des Höhenprofils 39 des Planums 27 werden mit den Daten eines Soll-Höhenprofils 43 des zu fertigenden Straßenbelags 28 angereichert. Entsprechend den Erhebungen und Vertiefungen des Höhenprofils 39 des Planums 27 sind somit die unterschiedlichen Soll-Schichtstärken d_S für die jeweiligen Ortskoordinatenpunkte 41 gespeichert. Die Anzahl der Datenpunkte bzw. Ortskoordinatenpunkte 41, für die Planums- und Straßenbelagsdaten gespeichert sind, kann je

nach technischen Vorgaben zur Datenerfassung und -verarbeitung, beispielsweise der Genauigkeit des GNSS, variieren und stellt somit eine Form der "Auflösung" dar. Dabei ist es auch denkbar, dass die Aufbereitung der digitalen Bauwerksdaten 37 Algorithmen umfasst, welche Bereiche mit häufigen und/oder stärkeren Unebenheiten im Planum 27 von Bereichen mit wenig Änderungen unterscheidet und die Anzahl an Datenpunkten proportional anpasst, wodurch einerseits eine hohe Informationsdichte erhalten bleibt und andererseits das Datenvolumen reduziert wird. Die Lage der Datenpunkte 41 im Gitternetz kann von einer Sensorposition beeinflusst sein. Die digitalen Bauwerksdaten 37 umfassen weitere Daten, welche insbesondere auf Basis der gemessenen Daten, wie dem Höhenprofil 39 des Planums 27, berechnet wurden, wie beispielsweise einen gewünschten Verdichtungsgrad pro Ortskoordinatenpunkt 41.

[0025] Figur 3 zeigt eine schematische Ansicht der Bohlverdichtung von Einbaumaterial 5 bei ebenem Planum 27. Das Einbaumaterial 5 wird mittels dem Materialförderer 7 und der Verteilerschnecke 12 vor der Einbaubohle 11 mit einer Schüttdichte ρ_S abgelegt. Die Einbaubohle 11, welche in Fahrtrichtung F von dem Straßenfertiger 1 gezogen wird, verdichtet das Einbaumaterial 5 auf eine Bohldichte ρ_B und eine Schichtstärke d_B welche gleich der Soll-Schichtstärke d_S für den Bohleneinbau ist und baut somit den Straßenbelag 28 ein. Im Falle eines ebenen Planums 27 kann die Einbaubohle 11 ohne wesentliche Änderungen der einmal eingestellten Einbauparameter eingesetzt werden.

[0026] Figur 4 zeigt eine schematische Ansicht der Walzverdichtung von Einbaumaterial 5 bzw. des durch die Einbaubohle 11 eingebauten Straßenbelags 28 bei ebenem Planum 27. Die Schichtstärke d_B reduziert sich dabei um das Walzmaß s auf die Endschichtstärke d_E wofür die Walze 45 eine oder mehrere Überfahrten vollzieht. Die Dichte des Einbaumaterials 5 erhöht sich auf die Walzdichte ρ_W . Entsprechend kann ein Verdichtungsgrad für die Einbaubohle 11 und die Walze 45 angegeben werden:

$$\text{Verdichtungsgrad } k_B \text{ der Einbaubohle} = k_B = \frac{\rho_B}{\rho_M} * 100\%$$

$$\text{Verdichtungsgrad } k_W \text{ der Walze} = k_W = \frac{\rho_W}{\rho_M} * 100\%$$

[0027] Dabei ist ρ_M die Dichte des Marshall-Probekörpers, welcher mit einem Verdichtungsgerät unter Laborbedingungen hergestellt ist. Die Dichte ρ_M entspricht im Wesentlichen der maximalen Dichte des Einbaumaterials 5. Der Verdichtungsgrad k_B , k_W gibt also jeweils an, auf wieviel Prozent der Maximaldichte ρ_M das Einbaumaterial 5 mit der jeweiligen Maschine, Einbaubohle 11 oder Walze 45, gebracht wird.

[0028] Figur 5 zeigt die graphische Darstellung der Änderung des Verdichtungsgrads k_B in Abhängigkeit der Schichtstärke d_B der Einbaubohle 11 bei konstantem Walzmaß s nach Gleichung 1, die sich wie folgt herleitet:

Es gilt allgemein:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{b * x * d}$$

mit m, b, x = konst. und m = Masse, b = Breite, x = Länge in Fahrtrichtung und d = Schichtstärke des betrachteten Abschnitts des Fahrbahnbelags 28.

[0029] Weiter gilt somit:

$$k = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{d_1}{d_2}$$

[0030] Daraus folgt, unter der Annahme, dass nach Endverdichtung des Belags durch die Walze die Materialdichte ρ_W etwa der Marshallldichte ρ_M entspricht, für den Verdichtungsgrad k_B des Belags

$$k_B = \frac{\rho_B}{\rho_W} = \frac{\rho_B}{\rho_M} = \frac{d_W}{d_B} \text{ mit } \rho_W \approx \rho_M$$

[0031] Mit

$$\text{Walzmaß } s = d_B - d_W \rightarrow d_W = d_B - s$$

folgt:

$$k_B = \frac{d_B - s}{d_B}$$

Gleichung 1

[0032] Da die Schichtstärke d_B wegen der Unebenheiten des Planums 27 vorgegeben ist und variiert, muss der Verdichtungsgrad k_B entsprechend Figur 5 angepasst werden, um für alle Schichtstärken d_B ein gleiches Walzmaß s zu erhalten, d.h. auf der entsprechenden Funktionskurve ($s = 10 \text{ mm}, 20 \text{ mm}, 30 \text{ mm}$) in Figur 5 zu bleiben.

[0033] Figur 6 zeigt eine schematische Ansicht der Bohlenverdichtung von Einbaumaterial 5 bei unebenem Planum 27. Die Schichtstärken d_{B1} und d_{B2} sind vorgegeben, um einen ebenen Straßenbelag 28 auf einem gewünschten Niveau zu erhalten. Dabei wird das Walzmaß s , um das sich die Höhe des Straßenbelags 28 durch die Walzverdichtung verringert, zweckmäßig mitberücksichtigt. Die jeweiligen Verdichtungsgrade k_{B1} und k_{B2} werden nach Gleichung 1 berechnet. Das elektronische Steuerungssystem 15 ist in der Lage durch Ansteuern von einem oder mehreren der Verdichtungsaggregate 21, 23, 25 die Verdichtungsleistung der Einbaubohle 11 zu regeln und so den jeweiligen berechneten Verdichtungsgrad k_B an der aus den dreidimensionalen Bauwerksdaten 37 bekannten Stelle herzustellen. Es wird also der Verdichtungsgrad k_B und damit die Dichte ρ_B in Abhängigkeit der Schichtstärke d_B eingebaut, um bei der anschließenden Nachverdichtung durch die Walze 45 überall ein einheitliches Walzmaß s zu erhalten.

[0034] Figur 7 zeigt eine schematische Ansicht der Walzverdichtung von Einbaumaterial 5 bei unebenem Planum 27. Das Walzmaß s ist aufgrund der angepassten Verdichtungsgrade k_{B1} , k_{B2} überall gleich. Der durch die Einbaubohle 11 bereits eben eingebaute Straßenbelag 28 wird also unter Beibehaltung dieser Längsebenheit durch die Walze 45 nachverdichtet. Nach der Walzverdichtung liegt der Straßenbelag 28 mit einheitlicher Dichte ρ_W und einheitlichem Verdichtungsgrad k_W sowie der in Abhängigkeit des Planums 27 variablen Endschichtstärke d_E vor.

Patentansprüche

1. Straßenfertiger (1) mit einer Einbaubohle (11), wobei die Einbaubohle (11) einen Tamper (21) umfasst, und der Straßenfertiger (1) des Weiteren einen GNSS-Empfänger (13) sowie einen Materialförderer (7) umfasst, wobei der Straßenfertiger (1) **gekennzeichnet ist durch** ein elektronisches Steuerungssystem (15), welches einen Speicher (17) und einen Datenprozessor (19) umfasst, wobei in dem Speicher (17) digitale Bauwerksdaten (37), insbesondere ein Soll-Höhenprofil (43) eines zu fertigenden Straßenbelags (28), eine Soll-Schichtstärke (d_s) des Einbaumaterials (5) und gegebenenfalls ein Höhenprofil (39) eines Planums (27) gespeichert sind, und das Steuerungssystem (15) dazu konfiguriert ist, die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke (d_s) automatisch zu steuern, um das Einbaumaterial (5) für den jeweiligen mit dem GNSS-Empfänger (13) ermittelten Ortskoordinatenpunkt (41) des Straßenfertigers (1) einzubauen.
2. Straßenfertiger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Speicher (17) des Steuerungssystems (15) ein Vorverdichtungsgrad (k_B) für einen jeweiligen Ortskoordinatenpunkt (41) gespeichert ist.
3. Straßenfertiger nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, einen Sensor (29) zur Messung einer Ist-Schichtstärke (d_i) von Einbaumaterial (5) aufzuweisen, wobei das Steuerungssystem (15) dazu konfiguriert ist, eine Abweichung der Ist-Schichtstärke (d_i) von der Soll-Schichtstärke (d_s) zu berechnen.
4. Straßenfertiger nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerungssystem (15) dazu konfiguriert ist, die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) durch Steuerung der Tamperfrequenz und/oder des Tamperhubs automatisch einzustellen.
5. Straßenfertiger nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einbaubohle (11) ein Glättblech (23) und/oder eine Pressleiste (25) umfasst und das Steuerungssystem (15) dazu konfiguriert ist, die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) durch Steuerung der Vibrationsfrequenz und/oder -amplitude des Glättblechs (23) und/oder des Pressleistendrucks automatisch einzustellen.

6. Straßenfertiger nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerungssystem (15) dazu konfiguriert ist, die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) durch Steuerung der Einbaugeschwindigkeit automatisch einzustellen.
- 5 7. Verfahren zum Betrieb eines Straßenfertigers (1), insbesondere eines Straßenfertigers (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, umfassend folgende Verfahrensschritte:
 - Vorhalten von digitalen Bauwerksdaten (37), insbesondere ein Höhenprofil (39) eines Planums (27), in einem Speicher (17) eines elektronischen Steuerungssystems (15),
 - 10 - Vorhalten von digitalen Bauwerksdaten (37), insbesondere ein Soll-Höhenprofil (43) eines zu fertigenden Straßenbelags (28) sowie eine Soll-Schichtstärke (d_s) eines Einbaumaterials (5) für die Ortskoordinatenpunkte (41) des Planums (27),
 - Einbau des Einbaumaterials (5), wobei die jeweilige aktuelle Position des Straßenfertigers (1) mittels eines GNSS-Empfängers (13) ermittelt wird und das elektronische Steuerungssystem (15) die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke (d_s) automatisch steuert, um das Einbaumaterial (5) mit einem jeweiligen Vorverdichtungsgrad (k_B) einzubauen.
 - 15
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einbau des Einbaumaterials (5) das Erfassen einer Ist-Schichtstärke (d_I) mittels eines Sensors (29) umfasst und eine Differenz der Ist-Schichtstärke (d_I) mit der Soll-Schichtstärke (d_s) berechnet und der Straßenfertiger (1) zur Minimierung der Differenz automatisch gesteuert wird.
- 20 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektronische Steuerungssystem (15) die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) durch Steuerung der Tamperfrequenz und/oder des Tamperhubs automatisch einstellt.
- 25 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerungssystem (15) die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) durch Steuerung der Vibrationsfrequenz und/oder -amplitude des Glättblechs (23) und/oder des Pressleistendrucks automatisch einstellt.
- 30 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerungssystem (15) die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) durch Steuerung der Einbaugeschwindigkeit automatisch einstellt.
- 35 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die digitalen Bauwerksdaten (37), welche das Höhenprofil (39) des Planums (27) umfassen, zu Beginn des Verfahrens von einer externen Datenverarbeitungsanlage (31) in den Speicher (17) des elektronischen Steuerungssystems (15) mittels Funk- oder Kabelverbindung (33, 35) übertragen werden.
- 40 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer externen Datenverarbeitungsanlage (31) die jeweilige Verdichtungsleistung in Abhängigkeit der ermittelten Soll-Schichtstärke (d_s) berechnet wird und/oder die jeweilige Verdichtungsleistung in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke (d_s) einem Ortskoordinatenpunkt (41) zugewiesen wird und die Daten (37) anschließend in den Speicher (17) des elektronischen Steuerungssystems (15) übertragen werden.
- 45 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels des elektronischen Steuerungssystems (15) die jeweilige Verdichtungsleistung in Abhängigkeit der ermittelten Soll-Schichtstärke (d_s) berechnet wird und/oder die jeweilige Verdichtungsleistung in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke (d_s) einem Ortskoordinatenpunkt (41) zugewiesen wird.
- 50 Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.
1. Straßenfertiger (1) mit einer Einbaubohle (11), wobei die Einbaubohle (11) einen Tamper (21) umfasst, und der Straßenfertiger (1) des Weiteren einen GNSS-Empfänger (13) sowie einen Materialförderer (7) umfasst, wobei der Straßenfertiger (1) **gekennzeichnet ist durch** ein elektronisches Steuerungssystem (15), welches einen Speicher (17) und einen Datenprozessor (19) umfasst, wobei in dem Speicher (17) digitale Bauwerksdaten (37), insbesondere ein Soll-Höhenprofil (43) eines zu fertigenden Straßenbelags (28), eine Soll-Schichtstärke (d_s) des Einbaumaterials (5), ein jeweiliger von der Soll-Schichtstärke (d_s) abhängiger Vorverdichtungsgrad (k_B) und gegebenenfalls ein Höhenprofil (39) eines Planums (27) gespeichert sind, und das Steuerungssystem (15) dazu konfiguriert ist, die
- 55

Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke (d_s) automatisch zu steuern, um das Einbaumaterial (5) für den jeweiligen mit dem GNSS-Empfänger (13) ermittelten Ortskoordinatenpunkt (41) des Straßenfertigers (1) mit dem jeweiligen Vorverdichtungsgrad (k_B) einzubauen.

- 5 **2.** Straßenfertiger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Speicher (17) des Steuerungssystems (15) der Vorverdichtungsgrad (k_B) für einen jeweiligen Ortskoordinatenpunkt (41) gespeichert ist.
- 10 **3.** Straßenfertiger nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, einen Sensor (29) zur Messung einer Ist-Schichtstärke (d_i) von Einbaumaterial (5) aufzuweisen, wobei das Steuerungssystem (15) dazu konfiguriert ist, eine Abweichung der Ist-Schichtstärke (d_i) von der Soll-Schichtstärke (d_s) zu berechnen.
- 15 **4.** Straßenfertiger nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerungssystem (15) dazu konfiguriert ist, die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) durch Steuerung der Tamperfrequenz und/oder des Tamperhubs automatisch einzustellen.
- 20 **5.** Straßenfertiger nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einbaubohle (11) ein Glättblech (23) und/oder eine Pressleiste (25) umfasst und das Steuerungssystem (15) dazu konfiguriert ist, die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) durch Steuerung der Vibrationsfrequenz und/oder -amplitude des Glättblechs (23) und/oder des Pressleistendrucks automatisch einzustellen.
- 25 **6.** Straßenfertiger nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerungssystem (15) dazu konfiguriert ist, die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) durch Steuerung der Einbaugeschwindigkeit automatisch einzustellen.
- 30 **7.** Verfahren zum Betrieb eines Straßenfertigers (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, umfassend folgende Verfahrensschritte:
 - Vorhalten von digitalen Bauwerksdaten (37), insbesondere ein Höhenprofil (39) eines Planums (27), in einem Speicher (17) eines elektronischen Steuerungssystems (15),
 - Vorhalten von digitalen Bauwerksdaten (37), insbesondere ein Soll-Höhenprofil (43) eines zu fertigenden Straßenbelags (28) sowie eine Soll-Schichtstärke (d_s) eines Einbaumaterials (5) für die Ortskoordinatenpunkte (41) des Planums (27),
 - Einbau des Einbaumaterials (5), wobei die jeweilige aktuelle Position des Straßenfertigers (1) mittels eines GNSS-Empfängers (13) ermittelt wird und das elektronische Steuerungssystem (15) die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke (d_s) automatisch steuert, um das Einbaumaterial (5) mit einem jeweiligen von der Soll-Schichtstärke (d_s) abhängigen Vorverdichtungsgrad (k_B) einzubauen.
- 35 **8.** Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einbau des Einbaumaterials (5) das Erfassen einer Ist-Schichtstärke (d_i) mittels eines Sensors (29) umfasst und eine Differenz der Ist-Schichtstärke (d_i) mit der Soll-Schichtstärke (d_s) berechnet und der Straßenfertiger (1) zur Minimierung der Differenz automatisch gesteuert wird.
- 40 **9.** Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektronische Steuerungssystem (15) die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) durch Steuerung der Tamperfrequenz und/oder des Tamperhubs automatisch einstellt.
- 45 **10.** Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerungssystem (15) die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) durch Steuerung der Vibrationsfrequenz und/oder -amplitude des Glättblechs (23) und/oder des Pressleistendrucks automatisch einstellt.
- 50 **11.** Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerungssystem (15) die Verdichtungsleistung der Einbaubohle (11) durch Steuerung der Einbaugeschwindigkeit automatisch einstellt.
- 55 **12.** Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die digitalen Bauwerksdaten (37), welche das Höhenprofil (39) des Planums (27) umfassen, zu Beginn des Verfahrens von einer externen Datenverarbeitungsanlage (31) in den Speicher (17) des elektronischen Steuerungssystems (15) mittels Funk- oder Kabelverbindung (33, 35) übertragen werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer externen Datenverarbeitungsanlage (31) die jeweilige Verdichtungsleistung in Abhängigkeit der ermittelten Soll-Schichtstärke (ds) berechnet wird und/oder die jeweilige Verdichtungsleistung in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke (ds) einem Ortskoordinatenpunkt (41) zugewiesen wird und die Daten (37) anschließend in den Speicher (17) des elektronischen Steuerungssystems (15) übertragen werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels des elektronischen Steuerungssystems (15) die jeweilige Verdichtungsleistung in Abhängigkeit der ermittelten Soll-Schichtstärke (ds) berechnet wird und/oder die jeweilige Verdichtungsleistung in Abhängigkeit der Soll-Schichtstärke (ds) einem Ortskoordinatenpunkt (41) zugewiesen wird.

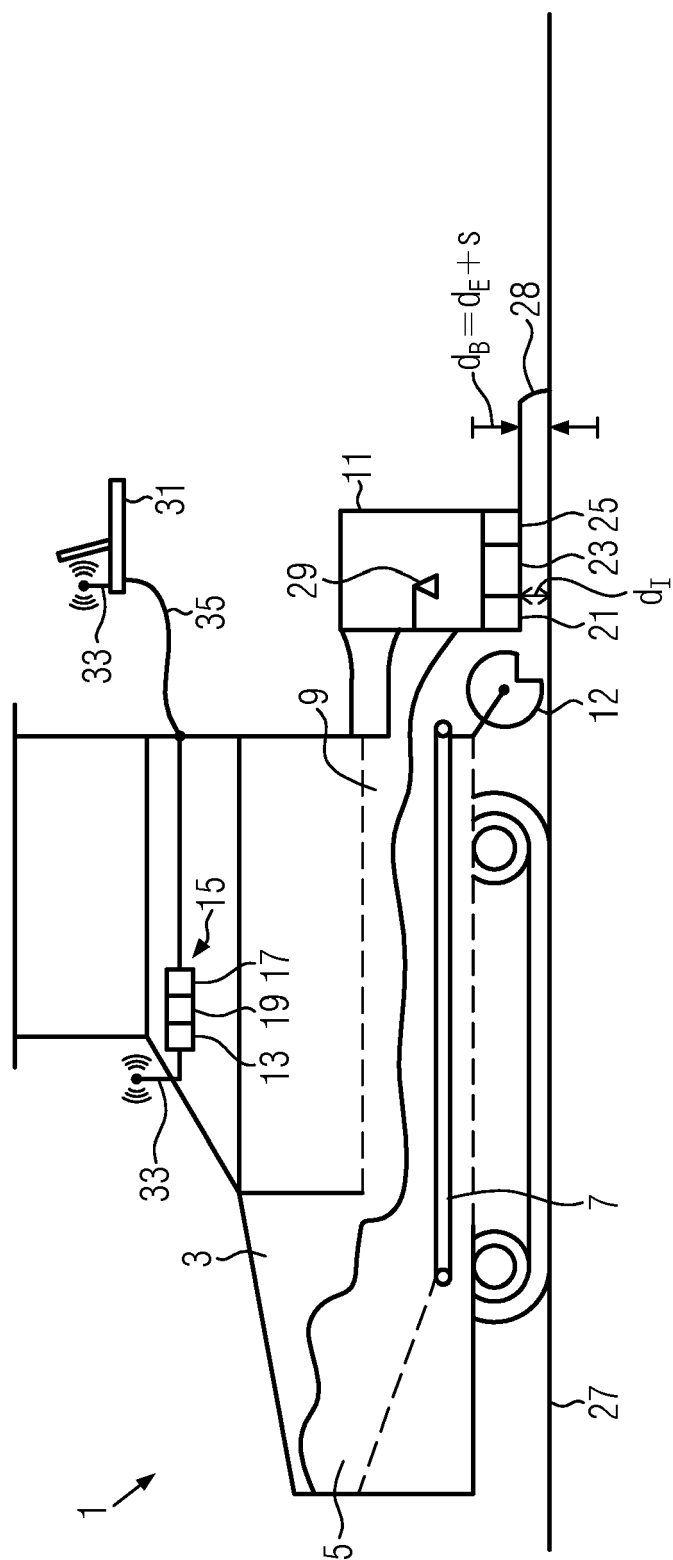


FIG. 1

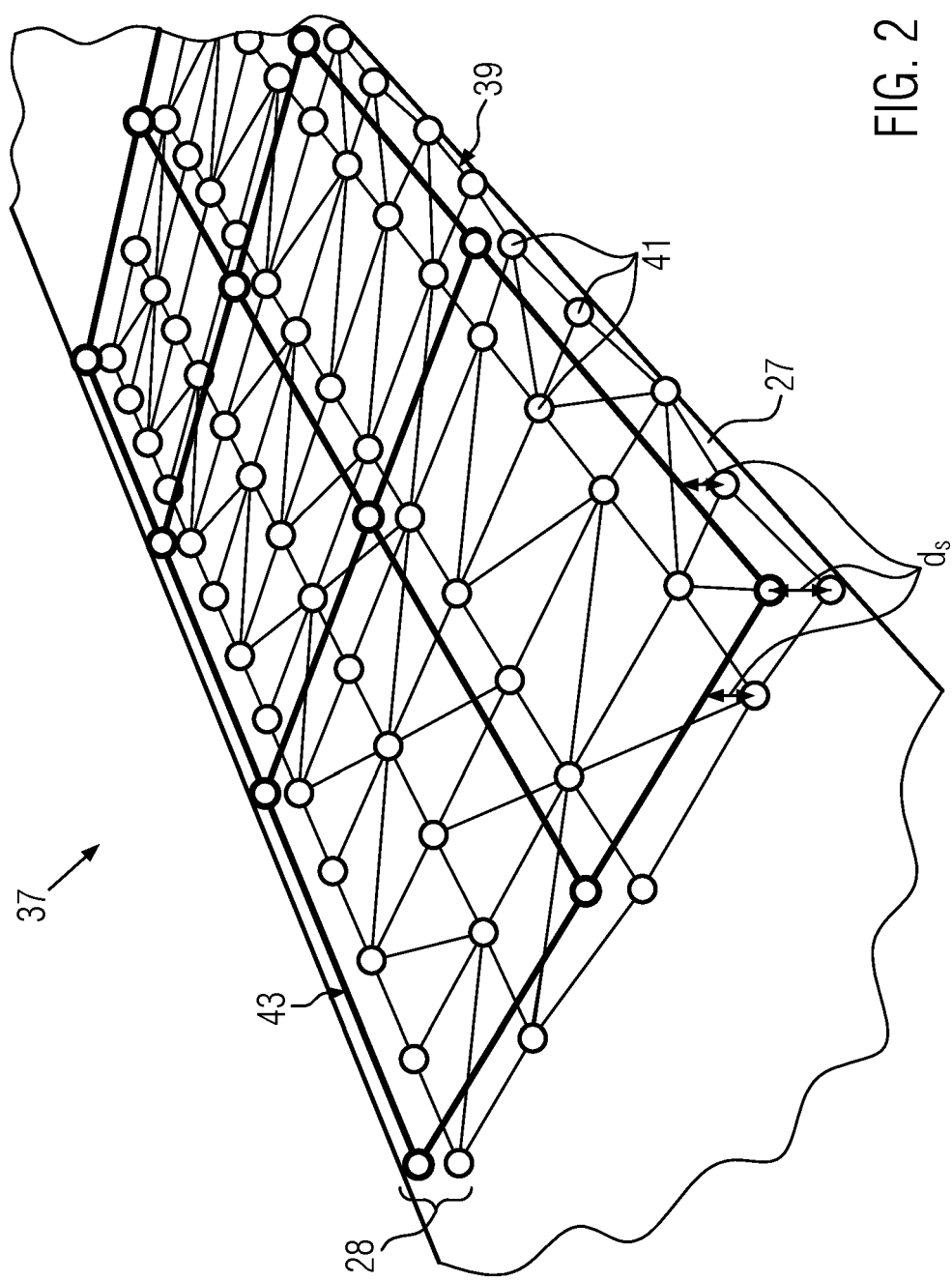


FIG. 2

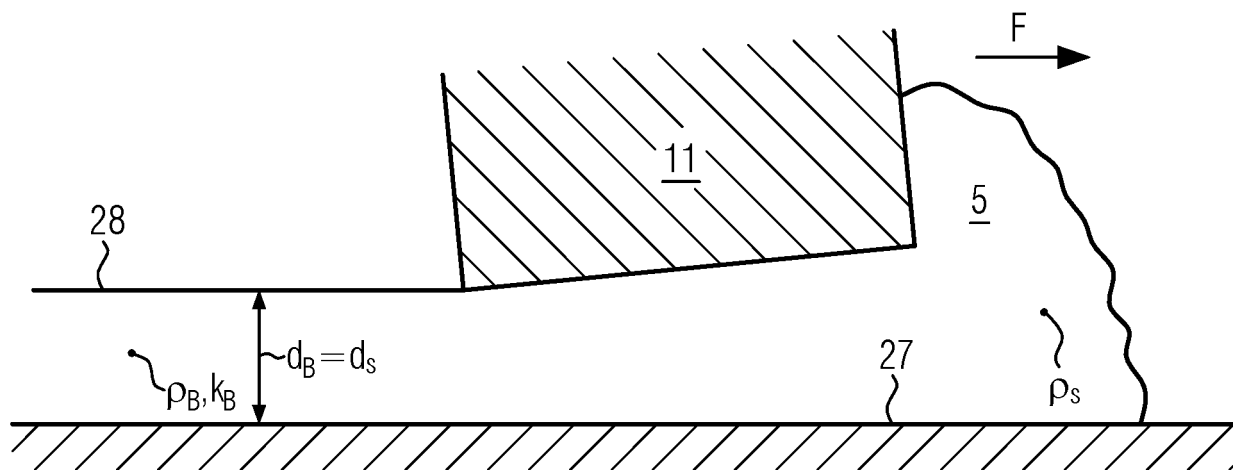


FIG. 3

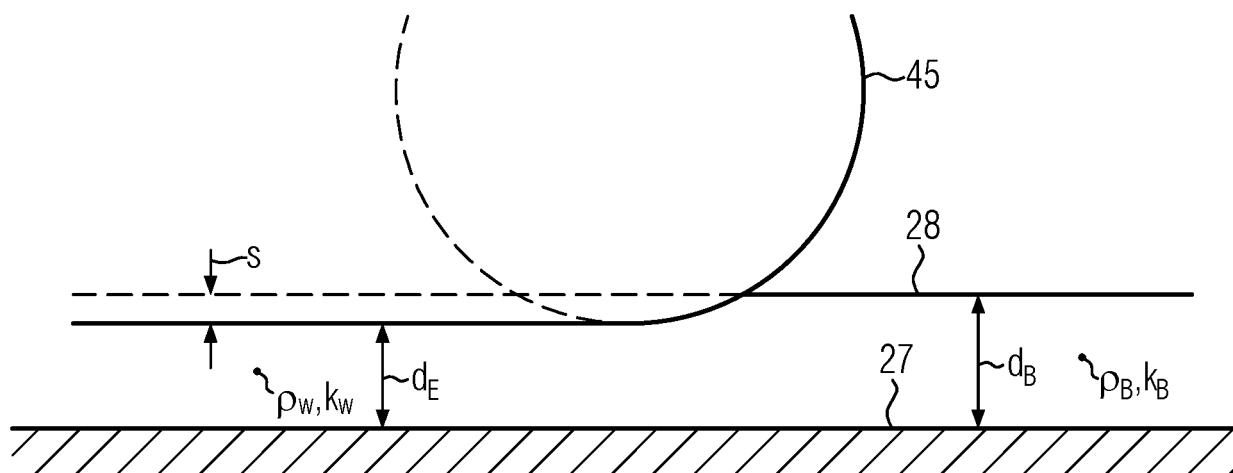


FIG. 4

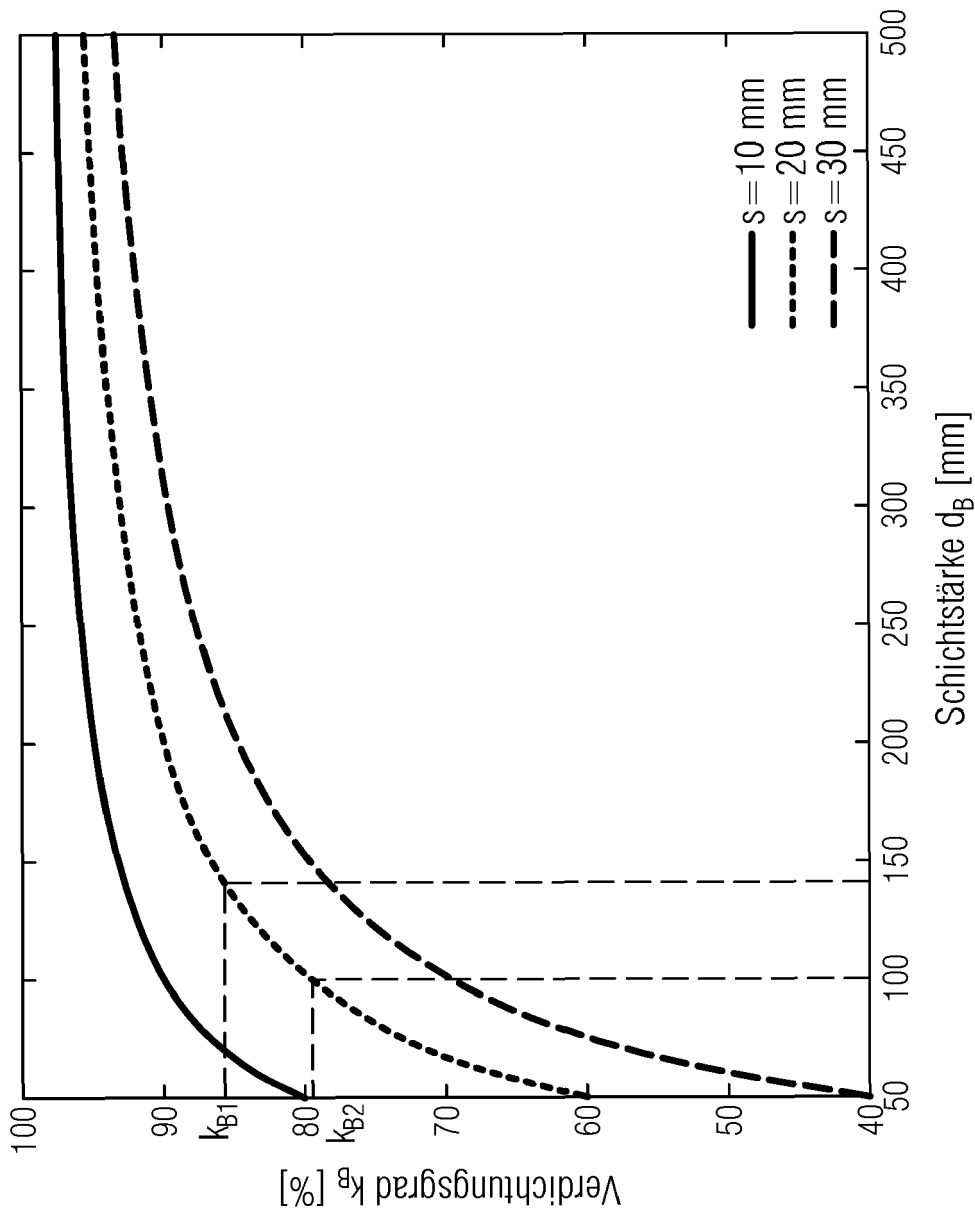


FIG. 5

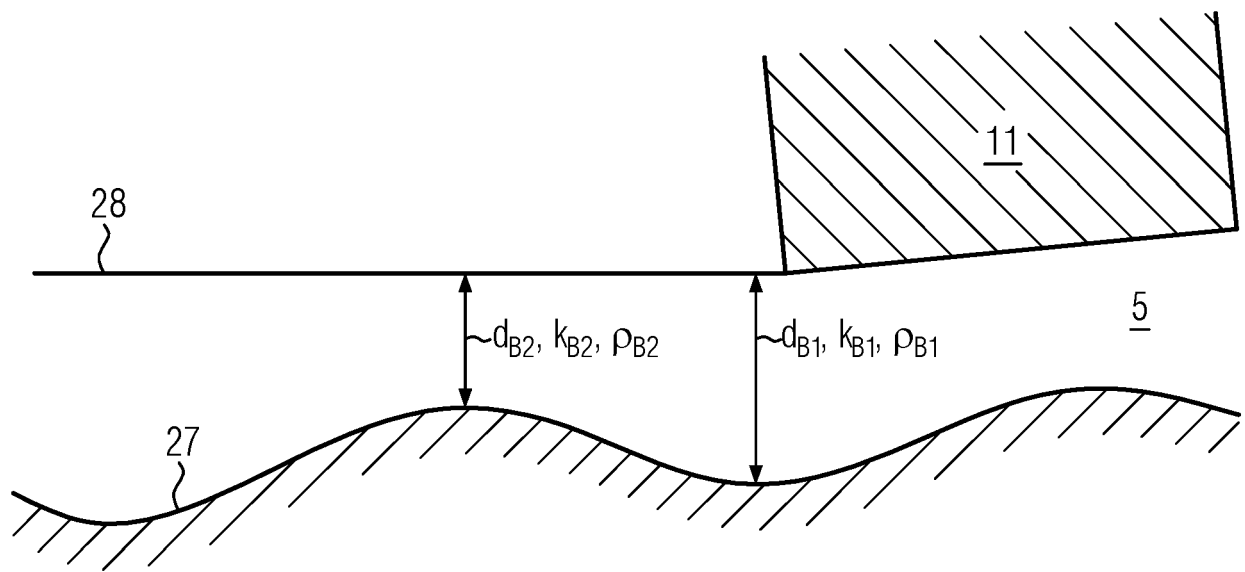


FIG. 6

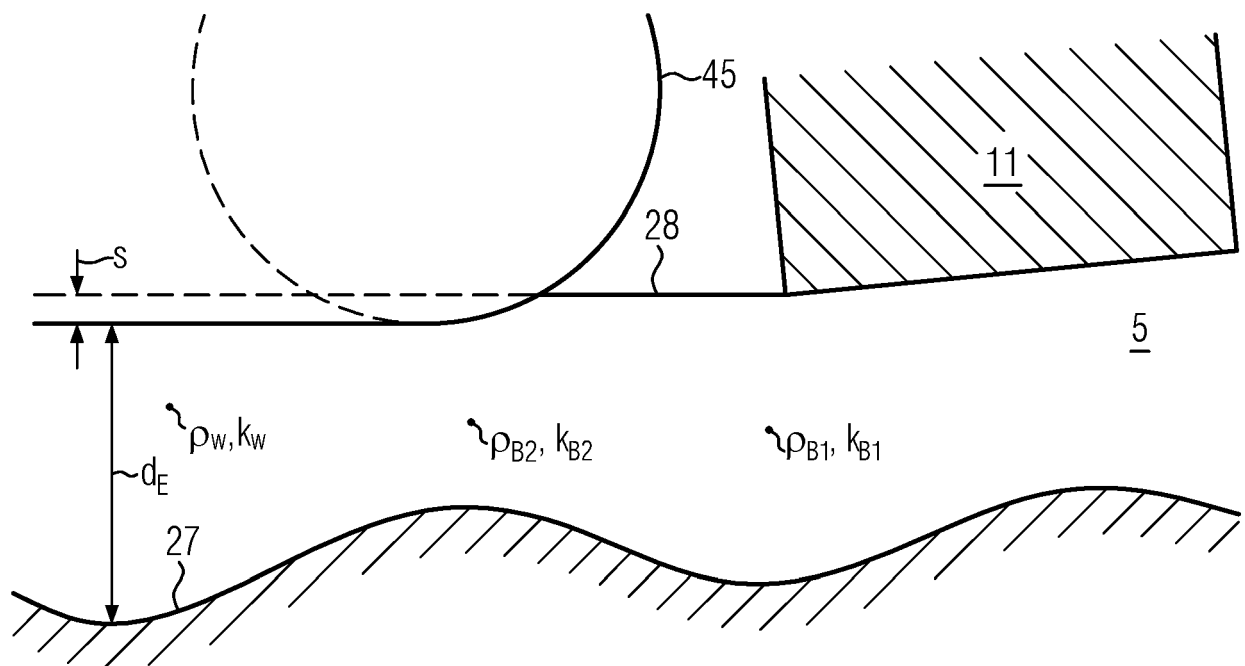


FIG. 7



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 15 2122

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 2 366 832 A1 (VOEGELE AG J [DE]) 21. September 2011 (2011-09-21) * Absätze [0020], [0013], [0014], [0015], [0018] * * Absatz [0026] - Absatz [0041]; Abbildungen 1-5 *	1-4,6-9, 11-14	INV. E01C19/48 E01C23/07
X	EP 2 325 392 A2 (VOEGELE AG J [DE]) 25. Mai 2011 (2011-05-25) * Absätze [0011], [0008]; Anspruch 1 * * Absatz [0034] - Absatz [0068]; Abbildungen 1-10 *	1,5,7,10	
A,D	US 2010/129152 A1 (TAYLOR ARTHUR [US]) 27. Mai 2010 (2010-05-27) * das ganze Dokument *	1-14	
A	EP 3 594 409 A1 (VOEGELE AG J [DE]) 15. Januar 2020 (2020-01-15) * das ganze Dokument *	1,7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			E01C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 29. Juni 2020	Prüfer Beucher, Stefan
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 20 15 2122

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.

29-06-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2366832 A1	21-09-2011	CN 102191743 A	21-09-2011
		EP 2366832 A1	21-09-2011
		JP 5345645 B2	20-11-2013
		JP 2011196175 A	06-10-2011
		PL 2366832 T3	31-03-2016
		US 2011229266 A1	22-09-2011
EP 2325392 A2	25-05-2011	CN 102071635 A	25-05-2011
		EP 2325392 A2	25-05-2011
		EP 3138961 A1	08-03-2017
		EP 3375936 A1	19-09-2018
		JP 5785382 B2	30-09-2015
		JP 2011106261 A	02-06-2011
		PL 3138961 T3	29-03-2019
		US 2011123267 A1	26-05-2011
		US 2015139730 A1	21-05-2015
US 2010129152 A1	27-05-2010	DE 102009044581 A1	10-06-2010
		US 2010129152 A1	27-05-2010
EP 3594409 A1	15-01-2020	BR 102019013807 A2	26-05-2020
		CN 110714394 A	21-01-2020
		EP 3594409 A1	15-01-2020
		JP 2020023869 A	13-02-2020
		US 2020018634 A1	16-01-2020

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

- US 20100129152 A1 [0003]