

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. Juli 2019 (25.07.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/140467 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
E01B 35/00 (2006.01) *E01B 27/17* (2006.01)
E01B 27/20 (2006.01) *B61K 9/08* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2019/050005

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Januar 2019 (17.01.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A50051/2018 22. Januar 2018 (22.01.2018) AT

(71) Anmelder: **HP3 REAL GMBH** [AT/AT]; Börsegasse
10/5, 1010 Wien (AT).

(72) Erfinder: **LICHTBERGER, Bernhard**; Landstrasser
Hauptstrasse 64, TOP 3, 1030 Wien (AT).

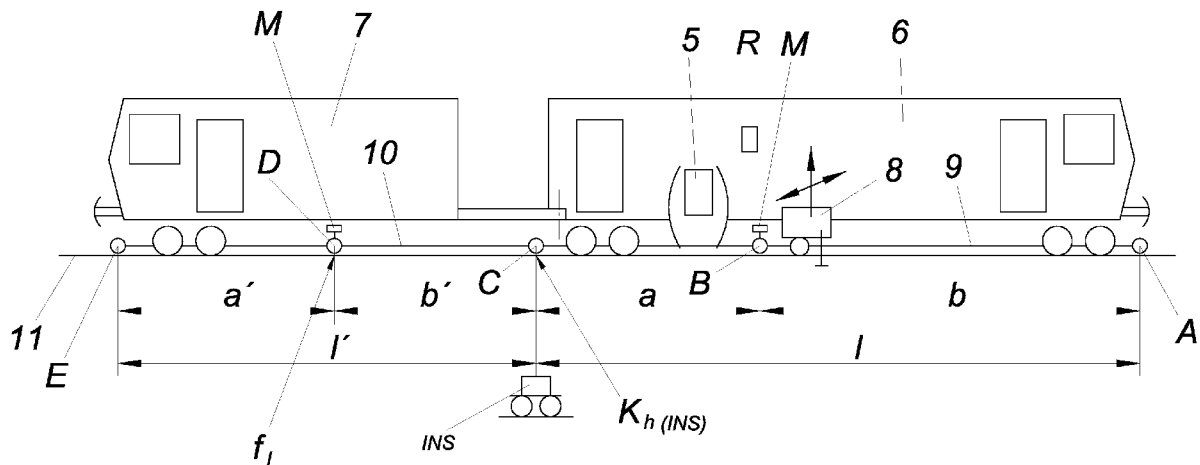
(74) Anwalt: **HÜBSCHER, Helmut** et al.; Spittelwiese 4, 4020
Linz (AT).

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

(54) Title: METHOD FOR TRACK POSITION IMPROVEMENT BY MEANS OF A TRACK-MOVABLE TRACK-TAMPING MACHINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR GLEISLAGEVERBESSERUNG DURCH EINE GLEISFAHRBARE GLEISSTOPFMASCHINE

FIG.1



(57) Abstract: Method for track position improvement by means of a track-movable track-tamping machine (6) with a three-point working measurement system, which has three measurement carriages (A, B, C), and a cord (9) stretched therebetween, a tamping unit (5) and a lifting/straightening assembly (8) for tracks. The position of the track after the correction work of the track-tamping machine (6) is recorded by a measurement system, wherein a computer (R) calculates the difference between a predetermined desired track position (1) and an actual position recorded by the measurement system, that is to say a residual error (K_h), and the position of the rear cord end at the rear measurement carriage (C) of the track-tamping machine (6) of the three-point working measurement system is continuously corrected in such a way that the rear cord end at the measurement carriage (C) is guided on the desired track position (1).

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Gleislageverbesserung durch eine gleisfahrbare Gleisstopfmaschine (6) mit einem drei Messwagen



WO 2019/140467 A1

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(A, B, C) aufweisenden Dreipunktarbeitsmesssystem und einer dazwischen gespannten Sehne (9), einer Stopfeinheit (5) und einem Hebe-Richt-Aggregat (8) für Gleise. Die Lage des Gleises nach der Berichtigungsarbeit der Gleisstopfmaschine (6) wird mit einem Messsystem aufgezeichnet, wobei ein Rechner (R) die Differenz zwischen einer vorgegebenen Gleissollage (1) und einer mit dem Messsystem aufgezeichneten Istlage, einen Restfehler (K_H), errechnet und die Lage des hinteren Sehnenendes am hinteren Messwagen (C) der Gleisstopfmaschine (6) des Dreipunktarbeitsmesssystems fortwährend derart berichtigt wird, dass das hintere Sehnenende am Messwagen (C) auf der Gleissollage (1) geführt wird.

Verfahren zur Gleislageverbesserung durch eine gleisfahrbare Gleisstopfmaschine

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Verbesserung des Dreipunkt-Verfahrens welches zur Gleislageverbesserung durch Gleisstopfmaschinen angewendet wird.

Stand der Technik

Die meisten Gleise für die Eisenbahn sind als Schotteroberbau ausgeführt. Die Schwellen liegen dabei im Schotter. Durch die wirkenden Radkräfte der darüberfahrenden Züge werden unregelmäßige Setzungen im Schotter und Verschiebungen der seitlichen Lagegeometrie des Gleises hervorgerufen. Durch die Setzungen des Schotterbettes treten Fehler in der Längshöhe, der Überhöhung (im Bogen) und der Richtlage auf. Werden bestimmte Komfortgrenzwerte oder Sicherheitsgrenzwerte dieser geometrischen Größen überschritten, dann werden Instandhaltungsarbeiten durchgeführt. Eine Gleisstopfmaschine verbessert die Gleisgeometrie, die durch die Belastung der Züge verschlechtert wurde. Dazu wird das Gleis mittels elektrohydraulisch gesteuerten Hebe- Richteinrichtungen in die Gleissollposition gehoben und gerichtet und in dieser Lage durch Verdichten (Stopfen) des Schotters unter den Schwellen fixiert.

Zur Führung der Berichtigungswerkzeuge der Oberbaumaschine werden überwiegend Mess- und Steuerungssysteme nach dem Dreipunkt-Verfahren eingesetzt. Die Praxis zeigt, dass die Gleislagen zwar verbessert, aber die theoretisch möglichen Verbesserungen bei Weitem nicht erreicht werden. Die Gleislagefehler werden typischerweise nur zwischen 30-50% verringert. Die Form und Lage der Gleislagefehler bleibt dabei meist erhalten, nur die Amplituden der Fehler verringern sich.

Damit das Gleis nach derartigen Gleisgeometrieverbesserungsarbeiten wieder für den Zugsbetrieb frei gegeben werden kann, sind die Eisenbahnoberbaumaschinen mit so genannten Abnahmemessanlagen und einem Abnahmeschreiber ausgestattet. Mit diesem Abnahmeschreiber werden die verbleibenden Fehler aufge-
5 zeichnet. Für die Freigabe sind dazu vorgegebene Toleranzen der Gleislagefehler zu unterschreiten.

Je kleiner die Restfehler nach einer Instandhaltungsarbeit sind, desto geringer sind die wechselwirkenden Kräfte zwischen Rad und Schiene durch die Züge, desto langsamer verschlechtert sich die Gleisgeometrie wieder und umso länger
10 die Dauerhaftigkeit der Gleislage. Es ist daher wünschenswert, die Gleisgeometrie möglichst an die Soll-Lage heranzuführen, weil damit anschließend erhebliche Kosten und Aufwand gespart werden können.

Zur Berichtigung von Gleisfehlern haben sich verschiedene Gleisrichtverfahren herausgebildet. Einerseits gibt es Relativverfahren die die Gleislage nur glätten
15 und andererseits Absolutverfahren. Letztere haben sich bei den modernen Bahnen weitgehend durchgesetzt. Bei den Absolutverfahren werden die Gleislagen nach vorgegebenen Sollgeometrien berichtigt. Die Sollgeometrien der Eisenbahngleise stehen als Gleislagepläne zur Verfügung und können nach Eingabe in einen Rechner der Oberbaumaschine zur Berechnung der systematischen Fehler unter
20 Kenntnis des Verhaltens der Messsysteme genutzt werden. Sind die absoluten Korrekturwerte für das vordere Ende der Maschinenmesseinrichtung bekannt, dann wird das vordere Ende der Maschinenmesseinrichtung auf der Gleis-Sollgeometrie geführt und das hintere Ende auf dem bereits berichtigten Gleis. An der Arbeitsstelle wird der Richt- und Hebevorgang durchgeführt. Die Position der
25 Stopfmaschine in der Gleislängsachse wird mit einem Odometer bestimmt. Dieses Verfahren wird als Dreipunkt-Verfahren bezeichnet.

Nachteilig bei der derzeitigen Anwendung des Dreipunktverfahrens ist die entgegen der theoretisch erwartbaren Verbesserung der Gleislage die nicht zufrieden-
stellende Reduktion der Gleislagefehler um nur etwa 30-50%. Mit dieser mangel-
30 haften Funktion des Dreipunktverfahrens wird das Aufwands- und Kosteneinspa-

5 rungspotential welches sich durch eine bessere Anwendung ergeben würde nicht ausgeschöpft. Der Grund dieser mangelhaften Funktion ist darin zu suchen, dass das hintere Sehnenende nicht exakt auf der Gleis-Sollgeometrie geführt wird, sondern Restfehler aufweist die ins System zurückgekoppelt werden. Diese Fehler entstehen durch unregelmäßige Setzungen des Gleises nach dem Heben und durch Rückfedern des Gleises nach dem Richten, sowie durch die Rückkopplung dieser Fehler in den Regelkreis. Die entstehenden Setzungen hängen von der Schotterhöhe und dem Schotterzustand ab, das Rückfedern des Gleises von den Richtkräften, den Eigenschaften der Schienenbefestigung und dem Verhalten des Gleises selbst. Das endlos verschweißte Gleis weist bei hohen Schienentemperaturen (etwa ab $T > 20^{\circ}\text{C}$) eine Druckspannung und bei niedrigen Temperaturen (etwa ab $T < 20^{\circ}\text{C}$) eine Zugspannung auf. Nach dem Richten kann es also auf Grund dieser inneren Spannungen zu einem Rück- oder Ausfedern des Gleises kommen.

15 Bei Arbeitsbeginn und Arbeitsende mit einer Oberbaummaschine dürfen nicht sprunghaft Hebungen oder Berichtigungen der Seitenlage durchgeführt oder liegen gelassen werden, sondern die Werte müssen sukzessive aufgebaut bzw. abgebaut werden (an- und abrampen). Dadurch wird allerdings in diesen Übergangsstücken der reale Gleisfehler nur teilweise behoben. Während und nach dem Aufbau der Rampe kann davon ausgegangen werden, dass sich das hintere Sehnenende auf einem fehlerhaften Gleis befindet. Das An- und Abrampen durch den Maschinenbediener erfolgt intuitiv und erfahrungsbasiert und ist im Ergebnis nicht wirklich vorhersagbar und objektiv beurteilbar.

25 Über den Abnahmemessschrieb erkennt der Bediener der Maschine, die Größenordnung der Fehler die zurückbleiben. Mittels einstellbarer Korrekturwerte versucht er sich aufschwingenden Fehlern entgegenzuwirken. Da aber zwischen Arbeitsposition und Abnahmemessposition ungefähr 10-15m liegen, kann das dazwischenliegende bereits bearbeitete Gleis nicht mehr beeinflusst werden. Die Korrekturen des Bedieners stellen so zu sagen eine Vorhersage des Bedieners dar wie sich der Fehler entwickeln wird. Dabei ist er auf seine Intuition und Erfahrung angewiesen.

30

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde ein Verfahren anzugeben welches die Wirkung des Dreipunktverfahrens so verbessert, dass eine Reduktion der Gleislagefehler mit mehr als nur 30-50% möglich ist. Intuitive und erfahrungsba-
5 sierte Einstellungen von Korrekturwerten durch den Bediener und die damit verbundene Fehleranfälligkeit sollen vermieden werden. Das An- und Abrampen bei Arbeitsbeginn und Arbeitsende soll in Weiterer Folge automatisch derart erfolgen können, dass das hintere Sehnenende gezielt auf der Soll-Lage geführt wird, um Rückkopplungen in den Regelkreis zu unterbinden.

- 10 Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass ein Rechner die Differenz zwischen einer vorgegebenen Gleissollage und einer mit dem Messsystem aufgezeichneten Istlage, einen Restfehler, errechnet und dass die Lage des hinteren Sehnenendes am Messwagen des Dreipunktarbeitsmesssystems fortwährend derart berichtigt wird, dass das hintere Sehnenende am hinteren Messwagen der
15 Gleisstopfmaschine auf der Gleissollage geführt wird.

Das hintere Sehnenende am hinteren Messwagen der Gleisstopfmaschine wird rechnerisch und elektronisch, also virtuell, auf der Gleis-Sollage geführt und nicht wie bisher üblich auf den verbleibenden Restfehlern am hinteren Messwagen.

- Dadurch, dass bei der bisherigen Anwendung des Dreipunktverfahrens zwar der
20 vordere Sehnenpunkt elektronisch auf der Gleis-Sollage geführt werden kann, nicht aber der hintere Sehnenpunkt auf den zurückbleibenden Gleisfehlern, ergibt sich ein rückgekoppeltes System. Der hintere Sehnenpunkt läuft auf den Gleisfehlern und beeinflusst so das Berichtigungsergebnis nachteilig. Deswegen wird Lage des Gleises nach der Berichtigungsarbeit der Stopfmaschine, wie im nächsten Absatz skizziert gemessen und diese mit dem Messsystem aufgezeichnete Istlage
25 verwendet um den Restfehler zu errechnen. Die Lage des hinteren Sehnenendes am Messwagen des Dreipunktarbeitsmesssystems wird dann fortwährend derart berichtigt, dass das hintere Sehnenende am hinteren Messwagen der Gleisstopfmaschine auf der Gleissollage geführt wird.

Dem (hinteren) Messwagen der Gleisstopfmaschine ist vorzugsweise ein Inertialmesssystem zugeordnet, das die Lage des Gleises nach der Berichtigungsarbeit der Stopfmaschine aufzeichnet. Die Ermittlung der Restfehler des Gleises nach der Stopfarbeit könnte aber auch alternativ oder zusätzlich durch Extrapolation
5 aus den Messungen eines nachfolgenden Abnahmedreipunktmesssystems mit drei Meßwagen und einer dazwischen gespannten Sehne erfolgen.

Die Erfindung löst das vollautomatische An- und Abrampen dadurch, dass die Lage des hinteren Sehnenendes am hinteren Messwagen der Stopfmaschine zum Bilden einer Anfangsrampe automatisch aus einer Nullberichtigung bei Arbeitsbeginn
10 derart zur Gleissolllage hin geführt wird, dass die notwendigen Gleiskorrekturen kontinuierlich aufgebaut werden und dass die Lage des Sehnenendes am vorderen Messwagen der Stopfmaschine zum Bilden einer Endrampe derart automatisch aus der Gleissolllage zu einer Nullberichtigung bei Arbeitsende geführt wird, dass die notwendigen Gleiskorrekturen kontinuierlich abgebaut werden.

15 Das hintere Sehnenende wird über eine gerechnete Rampe auf die Soll-Position des Gleises führt. Vorzugsweise wird auf den Messwagen des hinteren Sehnenendes ein Inertialmesssystem aufgebaut welches die Restfehler misst. Mit Hilfe dieser erfindungsgemäß so ermittelten Messfehler wird die Lage des hinteren Sehnenendes korrigiert und auf der Gleis-Solllage geführt. Damit werden die
20 Rückkopplung und die dadurch entstehenden Gleislagefehler des Systems vermieden.

Das Inertialmesssystem wird auf einen Messwagen mit zwei Radsätzen die zueinander drehbar ausgeführt sind aufgebaut. Mit dem Messwagen wird ein Odometer verbunden welches die Distanz die der Messwagen auf dem Gleis zurücklegt
25 misst. Der Messwagen wird während der Messung seitlich an die Referenzschiene angepresst. Das Inertialmesssystem misst die Tangente der Gleisrichtung und der Längsneigung so wie die Querneigung des Messwagens auf dem Gleis (die Überhöhung). In z.B. äquidistanten Schritten (typisch sind 0,25; 0,5 oder 1m - auch eine quasi-kontinuierliche Aufzeichnung ist wegen der hohen Messraten des Inertialmesssystems möglich) werden die Messdaten des Inertialmesssystems an ei-
30

ner entsprechenden Stelle abgespeichert. Zu jedem Messpunkt wird außer den Daten des Inertialmesssystems auch die exakte, zurückgelegte Bogenlänge (oder der „Gleiskilometer“) abgespeichert.

5 Während der Arbeit wird die Spur des Messwagens im Raum aus den Absolutwinkeldifferenzen zum nordbasierten Koordinatensystem der aufgezeichneten Werte des Inertialmesssystems für jeden Messpunkt (Roll-, Gier- und Nickwinkel) berechnet. Die Differenzen dieser gemessenen Ist-Gleislagespur mit der Soll-Gleislagespur ergibt die absoluten Gleislagefehler.

10 An Stelle des Inertialmesssystems können die Restfehler aber auch aus den Messwerten einer nachlaufenden Dreipunktahnmessehne errechnet werden. Mittels digitaler Filter kann eine genäherte inverse Übertragungsfunktion der Sehnemessung gebildet (siehe z.B. DE 103 37 976 B4) auf die Messwerte angewendet und so auf den tatsächlichen Fehlerverlauf zurückgerechnet werden. Aus dem Verlauf dieses Fehlerverlaufes wird dann auf den Gleisfehler extrapoliert und so
15 der Restfehler am hinteren Ende der Arbeitsmesssehne am hinteren Messwagen ermittelt. Die Extrapolation kann z.B. über eine Sinusfunktion oder ein Polynom höherer Ordnung nach der Methode der kleinsten Quadrate errechnet erfolgen.

Die Vorteile der Erfindung liegen in der verbesserten Gleis-Lage und der damit gegebenen längeren Haltbarkeit derselben. Damit kann der Zyklus zwischen notwendigen Instandhaltungsarbeiten wesentlich verlängert werden, was erhebliche
20 Kosten spart. Zum anderen ist als Vorteil zu nennen, dass der Bediener durch das automatische An- und Abrampen sowie den Entfall der Korrektur eingabe während der Arbeit erheblich entlastet wird. Ein weiterer Vorteil ist die damit garantierte automatisch erzielte höhere Gleislagequalität und der Entfall des menschlichen Fehlerfaktors.
25

Kurze Beschreibung der Erfindung

In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielhaft schematisch dargestellt. Es zeigen

- Fig. 1 Schematische Seitenansicht einer Gleisstopfmaschine,
Fig. 2 Diagramme die die Situation bei einem bekannten Dreipunktnachmesssystem und dem erfindungsgemäßen System mit INS-Einheit zeigen,
Fig. 3 Darstellung des Dreipunktverfahrens im Idealfall eines nicht zurückbleibenden Gleislagefehlers,
5 den Gleislagefehlers,
Fig. 4 Darstellung des Dreipunktverfahrens bei einem zurückbleibenden Gleislagefehler mit Rückkopplung ins System,
Fig. 5 Typischer Verlauf von Gleislagefehlern vor und nach der Berichtigung durch eine Gleisstopfmaschine,
10 Fig. 6 Schematische Darstellung zur Beschreibung der automatisch gesteuerten Anfangsrampe,
Fig. 7 Schematische Darstellung zur Beschreibung der automatisch gesteuerten Endrampe.

Wege zur Ausführung der Erfindung

- 15 Fig. 1 zeigt eine Gleisstopfmaschine zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. An die Gleisstopfmaschine 6 ist ein Anhänger 7 gekuppelt. Die Gleisstopfmaschine 6 ist mit einer Stopfeinheit 5 ausgestattet. Mit einem Hebe-Richt-Aggregat 8 wird ein hinsichtlich seiner Lage in einem Schotterbett zu berichtigen-
des Gleis 11 in die Soll-Gleisposition gehoben und gerichtet. Unter der Gleis-
20 topfmaschine 6 ist ein Dreipunktarbeitsmesssystem mit drei Messwagen A, B, C und einer dazwischen gespannte Sehne 9, z. B. einer Stahlsehne, vorgesehen. Beim Messwagen B misst ein Sensor M die Auslenkung der Sehne 9 in Höhen- und Seitenrichtung. Die Sehne 9 hat die Länge l und ist in die Sehnenabschnitte a und b unterteilt, zwischen denen der Messwagen B angeordnet ist.
- 25 Zur Abnahmemessung kann am Anhänger 7 eine Abnahmesehne 10 zwischen Messwagen E und C gespannt sein. Beim Messwagen D wird wiederum mittels Sensor M die Auslenkung in Höhe und Richtung gemessen. Die Länge der Abnahmemesssehne ist l' und diese hat die Sehnenabschnitte a' und b' . f_1 zeigt den Restfehler an der Position des Messwagens D bei Messung mit der zwischen
30 Messwagen E und C gespannten Abnahmesehne 10. In diesem Fall muss, da der absolute Restfehler nicht direkt gemessen werden kann, die Ermittlung der Rest-

fehler des Gleises K_h nach der Stopfarbeit durch Extrapolation aus den Messungen erfolgen.

Bei der bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführung mit Inertialmesssystem INS entfallen die Messwagen E und D. Das Inertialmesssystem INS zeichnet die Lage
5 des Gleises nach der Berichtigungsarbeit der Stopfmaschine auf. An Stelle des Messwagens C (mit einer Achse) wird ein 4-rädriger INS-Messwagen INS aufgebaut. K_h steht allgemein für den ermittelten Restfehler. $K_{h(INS)}$ steht für den mit dem Inertialmesssystem INS ermittelten Restfehler.

Fig. 2 zeigt im oberen Diagramm schematisch den gemessenen Restfehler f_i abhängig von der Bogenlänge s bei Ausführungen von Abnahmemesssystemen mit Dreipunktsehne, also den Messwagen C, D, E. Die Sehne 10 ist dabei zwischen den Messwagen E und C gespannt. Während der Arbeit der entlang des Gleises verfahrenen Gleisstopfmaschine (6) wird also der jeweils zuletzt gemessene Restfehler am Messwagen D gemessen. Das heißt zwischen dem hinteren Sehnenende am Messwagen C und dem gemessenen Restfehler am Messwagen D
15 liegt eine Distanz der Länge b' . Dies sind im Regelfall zwischen 5-8 m, je nach Ausführung der Messsysteme. Das heißt, dass zwischen dem am Messwagen D aufgezeichneten Restfehler, der am Abnahmeschreiber gezeigt wird, und dem aktuellen Restfehler am Messwagen C eine noch nicht aufgezeichnete, aber bereits
20 fehlerhaft liegende, Strecke der Länge b' liegt. Will der Bediener den wirklichen Restfehler bei Messwagen C korrigieren, dann muss er dessen vermutliche Größe aus der aufgezeichneten Fehlerform extrapolieren. Das ist schwierig und die Genauigkeit der Korrektur hängt von der Erfahrung und Intuition des Bedieners ab.

Im mittleren Diagramm von Fig. 2 wird dies durch die strichlierte Linie zwischen
25 Messwagen D und C angedeutet. Diese strichlierte Linie extrapoliert der Bediener aus dem vergangenen Kurvenverlauf hinein und korrigiert die Position des hinteren Sehnenendes am Messwagen C mit dem angenommenen Korrekturwert $K_{h(C)}$.

Das untere Diagramm in Fig. 2 zeigt die Verhältnisse bei der erfindungsgemäßen Ausführung mit einem Inertialmesssystem INS. Ein Rechner (R) errechnet einen
30 Restfehler (K_h) aus der Differenz zwischen einer vorgegebenen Gleissollage (1)

und einer mit dem Messsystem aufgezeichneten Istlage und berichtigt die Lage des hinteren Sehnenendes am Messwagen C des Dreipunktarbeitsmesssystems fortwährend derart, dass das hintere Sehnenende am Messwagen C auf der Gleissollage 1 geführt wird. Ist das Inertialmesssystem INS am hinteren Messwagen C des Dreipunktarbeitsmesssystems der Gleisstopfmaschine 6 mit den Messwagen A, B und C aufgebaut, kann der Restfehler durch Vergleich der Inertialmesssystem-Messungen mit der Gleis-Sollage 1 direkt ermittelt werden. Die Lage des hinteren Sehnenendes am Messwagen C kann damit durch den Korrekturwert $K_{h(n)}$ direkt auf der Gleis-Sollage 1 geführt werden. Die Führung der Lage des hinteren Sehnenendes am Messwagen C auf der Gleis-Sollage 1 erfolgt dabei vorzugsweise im Rechner R virtuell, könnte aber auch am Messwagen C mittels eines geeigneten Aktuators direkt mechanisch erfolgen.

Fig. 3 zeigt schematisch die ideale Funktionsweise eines Drei-Punkt-Messsystems. Skizziert sind die Gleis-Sollage 1 und die fehlerhafte Gleis-Istlage 2. Mittels einer Vormessung wurden die Abweichungen K_v zwischen der Sollage und der Istlage ermittelt und dem Rechner R der Gleisstopfmaschine 6 übergeben. Dadurch kann der Rechner R das eine Sehnenende durch Kompensationsrechnung virtuell auf der Gleis-Sollage am Messwagen C führen. Real befindet sich der Sehnenpunkt allerdings auf dem fehlerhaften Istgleis Punkt C'. Das andere Sehnenende am Messwagen A befindet sich auf dem bereits berichtigten, hier ideal dargestellt, im fehlerlosen Gleis 1. Aus der bekannten Gleis-Sollgeometrie errechnet der Rechner R die Gleis-Sollpfeilhöhe f_s (für die Querrichtung des Gleises) bzw. Gleis-Solllängshöhe (für die Hebung des Gleises). f_a ist die gemessene Pfeil- bzw. Längshöhe. Das Hebe-Richt-Aggregat 8 der Maschine korrigiert nun das Gleis so, dass die gemessene Ist-Pfeilhöhe f_a bzw. Ist-Längshöhe dem errechneten Sollwerten f_s entspricht und dabei auf Gleis-Sollage 1 gebracht wird. Das Gleis wird also um den Wert K_f korrigiert. Theoretisch arbeitet das System fehlerfrei.

Fig. 4 zeigt die reale Funktionsweise eines Dreipunktarbeitsmesssystem schematisch. Im Gegensatz aber zum idealen System (Fig. 3) befindet sich das hintere Sehnenende am Messwagen A nicht auf der Gleis-Sollage 1, sondern läuft um

den Restfehler K_h (Punkt A'') nach. Wegen dieser fehlerhaften Lage der Sehne an den Messwagen A'', B'', C erfolgt eine fehlerhafte Berichtigung der Gleislage. Somit bleibt an der Hebe-Richt-Stelle bzw. am Messwagen B, B'' ein Restfehler F zurück da durch den Restfehler K_h hinten eine zu große Ist-Pfeilhöhe bzw. Ist-Längshöhe bestimmt wird. Eben diese Fehler werden mit dem erfindungsgemäßen Verfahren vermieden.

Fig. 5 zeigt den schematischen Verlauf eines Gleisfehlers L_h vor dem Stopfen 12 (durchgezogene Linie) und nach dem Stopfen 13 (strichlierte Linie). Typischerweise liegt die Fehlerwellenlänge in einem Bereich von 10-15m. Die Amplituden des Fehlers liegen je nach Streckengeschwindigkeit zwischen 2 und 5 mm. Wie dem Diagramm zu entnehmen ist bringt die Durcharbeitung mit einer Oberbaumaschine gemäß des Standes der Technik nur eine Verbesserung der Gleisfehler um ca. 30-50% bei ähnlichem Fehlerverlauf.

Fig. 6 stellt die Berechnung und den Verlauf einer automatischen Führung der Anfangsrampe 14 schematisch dar. Die Rampe wird dadurch gebildet, dass man vom Startpunkt S aus beim Gleisfehler K_{v0} eine Gerade mit der Rampenlänge L_{RA} zur Nulllinie zieht. Die Lage des hinteren Sehnendes am Messwagen C wird zum Bilden einer Anfangsrampe L_{RA} automatisch aus einer Nullberichtigung bei Arbeitsbeginn S derart zur Gleissolllage 1 hingeführt, dass die notwendigen Gleiskorrekturen $K_{v(s)}$ bis zum Rampenende nach einer bestimmten Fahrtstrecke kontinuierlich aufgebaut werden. Damit die Richt- und Hebewerte langsam ansteigend beginnen und keine sprunghafte Korrektur eingeleitet wird, wird das hintere Ende der Sehne (Sehnenabschnitte a, b mit der Sehnenlänge $l=a+b$) am Messwagen C (virtuell) so geführt, dass die sich die am Messwagen B ermittelten Richt- und Hebewerte langsam entsprechend der eingestellten Rampe bis ansteigen. Beim Startpunkt wird der Sollwert an der Berichtigungsstelle B mit Null, also Nullberichtigung, angegeben. Damit sich bei B der Sollwert Null ergibt muss das hintere Sehnende durch den Rechner R rechnerisch auf dem Wert K_h liegen. Das hintere Sehnende C wird bei fortschreitender Arbeit auf der Kurve $K_h(n-a)$ geführt. n ist dabei die jeweilige Position der Korrekturstelle B. Befindet sich z.B. die Sehne in der eingezeichneten Lage an den Messwagen A', B', C' dann wird der Korrekturwert $K_h(n-a)$ des hinteren Sehnendes C' so berechnet, dass die Position des Hebe-

Richtsystems B' genau auf der Rampengeraden geführt wird. Das Gleis wird durch den Wert K_{fn} so berichtigt dass es auf der Rampenlinie zu liegen kommt. Am Ende der Rampe wird z.B. die Korrektur K_{fe} durchgeführt. Beim Weiterarbeiten wird wie beim Dreipunktverfahren vorgesehen das hintere Sehneneende C und das vordere

5 Sehneneende A auf der Sollgleislinie (hier die Nulllinie) geführt. Nach dem Ende der Rampe wird erfindungsgemäß mit Hilfe des Inertialmesssystems INS das hintere Sehneneende Restfehlerkorrigiert ($K_{h(INS)}$) weitergeführt.

Rechnerisch ist das hintere Sehneneende C auf der folgenden Kurve zu führen:

$$K_h(n - a) = K_{V0} \cdot \frac{n}{l_{RA}} \cdot \frac{l}{b} \quad \text{für } S \leq n \leq S + l_{RA}$$

10
$$K_h(n - a) = 0 \quad \text{für } n > S + l_{RA}$$

Fig. 7 stellt die Berechnung und den Verlauf der automatischen Führung der Endrampe 17 schematisch dar. Die Lage des Sehneneendes am Messwagen A wird zum Bilden einer Endrampe l_{RE} derart automatisch aus der Gleissollage 1 zu einer Nullberichtigung bei Arbeitsende geführt $K_{V(n+b)}$, dass die notwendigen Gleiskorrekturen $K_{V(s)}$ über eine bestimmte Fahrtstrecke kontinuierlich abgebaut werden. Die

15 Rampe wird dadurch gebildet, dass man vom Startpunkt S aus von der Nulllinie zum Gleisfehler K_{VE} eine Gerade mit der Rampenlänge l_{RE} zieht. Damit die Richt- und Hebewerte langsam abgebaut werden wird das vordere Ende A der Sehne (Sehnenabschnitte a, b mit der Sehnenlänge $l=a+b$) so geführt, dass die sich bei B

20 ergebenden Richt- und Hebewerte langsam entsprechend der Rampe abnehmen. Beim Startpunkt S der Endrampe 17 befindet sich das vordere und das hintere Sehneneende auf der Nulllinie. Steht die Sehne z.B. in der Stellung an den Messwagen A', B', C' dann muss das vordere Sehneneende auf der Linie $K_{V(n+b)}$ so liegen, dass B' auf der Rampenlinie 17 zu liegen kommt. Am Ende der Rampe (auch Arbeitsende) befindet sich B'' direkt auf dem Gleisfehler K_{VE} , das hintere Sehneneende C'' auf der Nulllinie und das vordere Sehneneende A'' auf der Linie $K_{V(l_{RE}+b)}$ und

25 es kommt zu keinem Hebe- bzw. Richtvorgang mehr. Das Gleis wurde von der letzten exakt berichtigten Gleislage S über den Rampenverlauf 17 an den am Ende der Rampe vorliegenden Gleisfehler K_{VE} kontinuierlich überführt.

Rechnerisch ist das vordere Sehnenende A auf der folgenden Kurve zu führen:

$$K_v(n + b) = K_{VE} \cdot \frac{n}{l_{RE}} \cdot \frac{l}{a} \quad \text{für } S \leq n \leq S + l_{RE}$$

$$K_v(n + b) = 0 \quad \text{für } n > S + l_{RE}$$

Die Restfehlerkorrektur des hinteren Sehnenendes C durch das Inertialmesssystem INS endet beim Beginn der Rampe S, da ja sonst die gewünschte Anpassungskurve (wirkt für das Inertialmesssystem INS wie ein Restfehler) durch das Inertialmesssystem INS berichtigt werden würde.

Die gezeigten Verläufe für die Rampen sind hier schematisch für die Berichtigung der Seitenlage des Gleises ausgeführt. Für die Gleishebungen wird analog vorgegangen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gleislageverbesserung durch eine gleisfahrbare Gleisstopfmaschine (6) mit einem Dreipunktarbeitsmesssystem mit drei Messwagen (A, B, C) und einer dazwischen gespannten Sehne (9), mit einer Stopfeinheit (5), mit einem Hebe-Richt-Aggregat (8) für Gleise und insbesondere mit einem Odometer, wobei die Lage des Gleises nach der Berichtigungsarbeit der Gleisstopfmaschine (6) mit einem Messsystem aufgezeichnet wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein Rechner (R) die Differenz zwischen einer vorgegebenen Gleissollage (1) und einer mit dem Messsystem aufgezeichneten Istlage, einen Restfehler (K_h), errechnet und dass die Lage des hinteren Sehnenendes am hinteren Messwagen (C) der Gleisstopfmaschine (6) des Dreipunktarbeitsmesssystems fortwährend derart berichtigt wird, dass das hintere Sehnenende am Messwagen (C) auf der Gleissollage (1) geführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage des hinteren Sehnenendes am Messwagen (C) zum Bilden einer Anfangsrampe (I_{RA}) automatisch aus einer Nullberichtigung bei Arbeitsbeginn derart zur Gleissollage (1) hin geführt wird ($K_{h(n-a)}$), dass die notwendigen Gleiskorrekturen ($K_{V(s)}$) kontinuierlich aufgebaut werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage des Sehnenendes am Messwagen (A) zum Bilden einer Endrampe (I_{RE}) derart automatisch aus der Gleissollage (1) zu einer Nullberichtigung bei Arbeitsende geführt wird ($K_{V(n+b)}$), dass die notwendigen Gleiskorrekturen ($K_{V(s)}$) kontinuierlich abgebaut werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem Messwagen (C) ein Inertialmesssystem (INS) zugeordnet ist, das die Lage des Gleises nach der Berichtigungsarbeit der Stopfmaschine aufzeichnet.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung der Restfehler des Gleises ($K_{h(n)}$) nach der Stopfarbeit durch

Extrapolation aus den Messungen eines nachfolgenden Abnahmedreipunktmesssystems mit drei Meßwagen (C,D,E) und einer dazwischen gespannten Sehne (10) erfolgt.

FIG.1

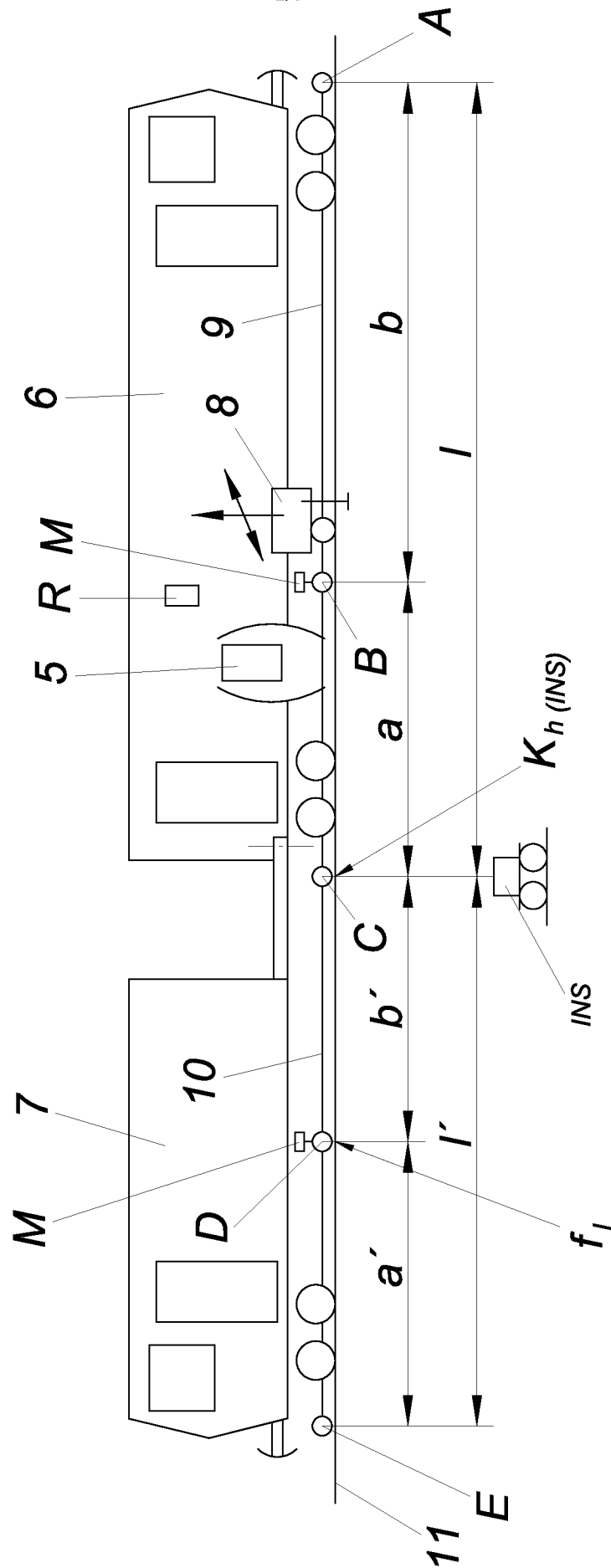
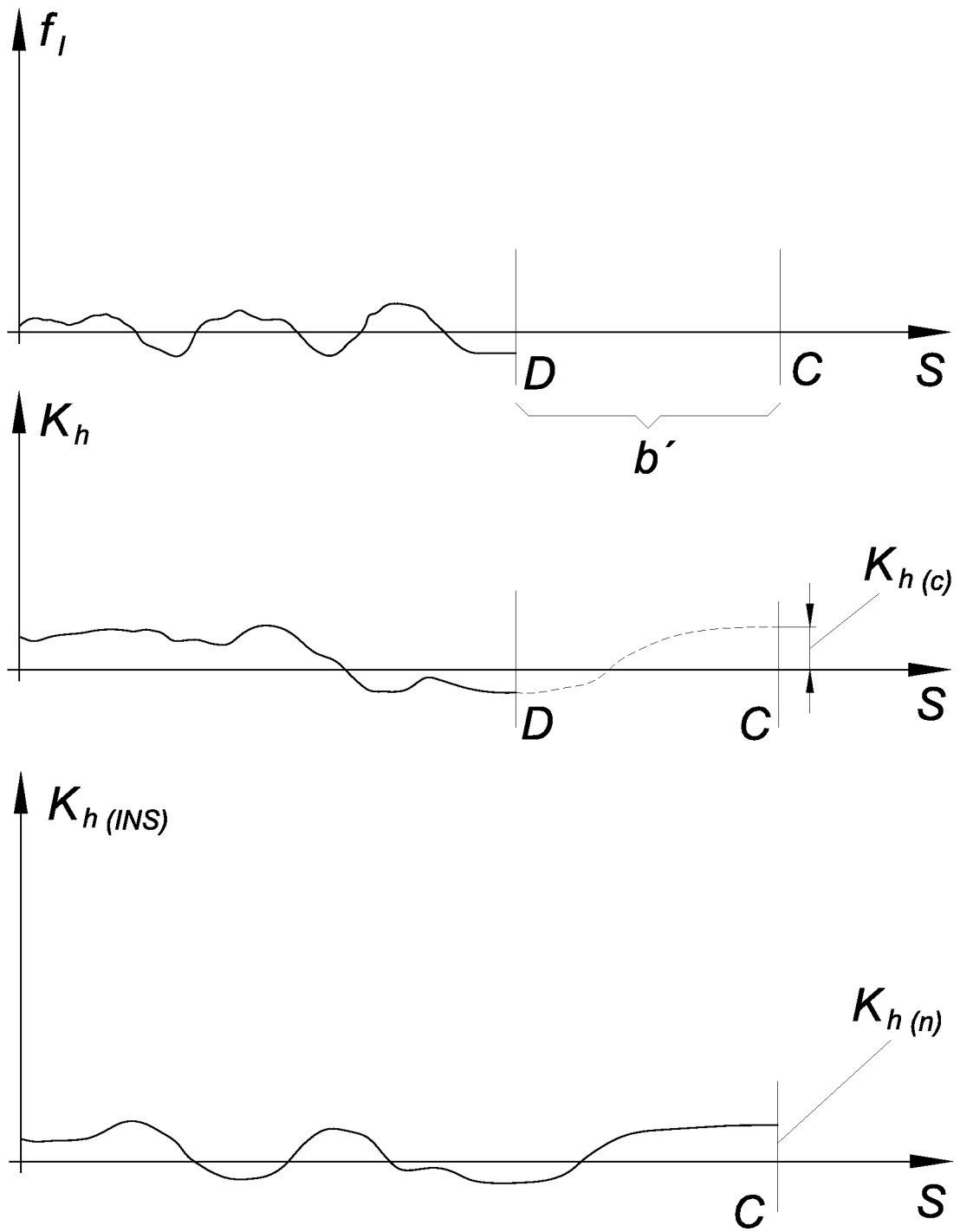


FIG.2



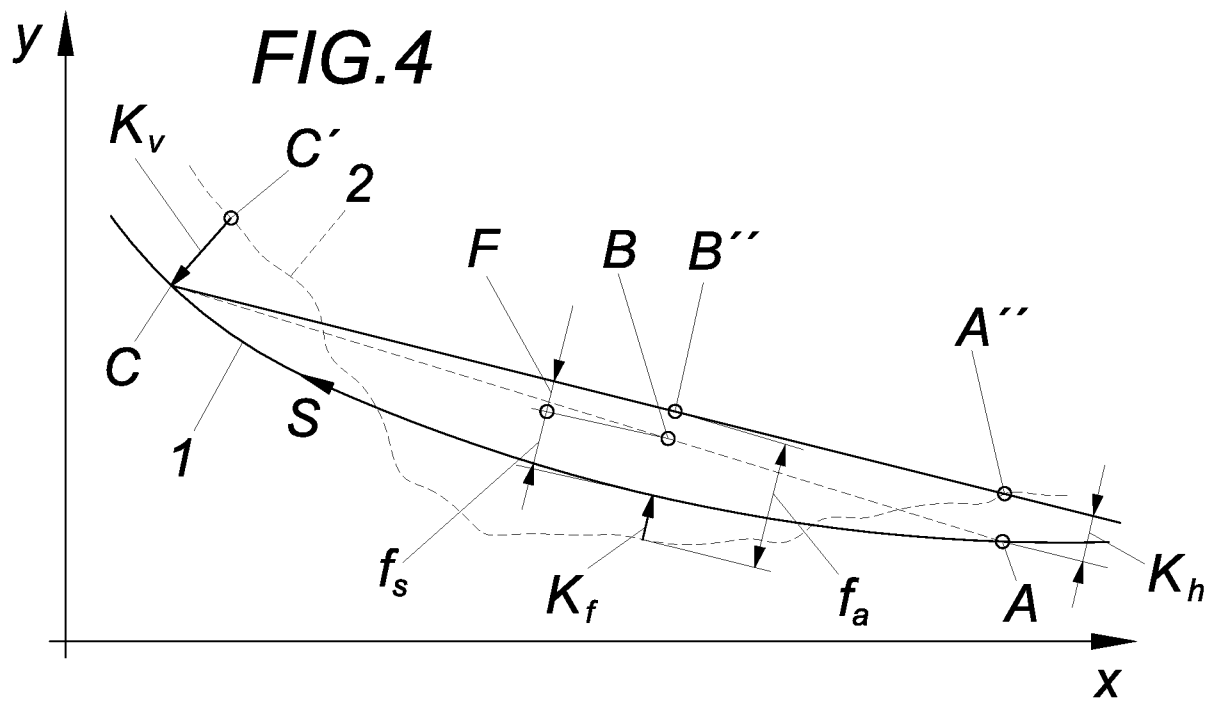
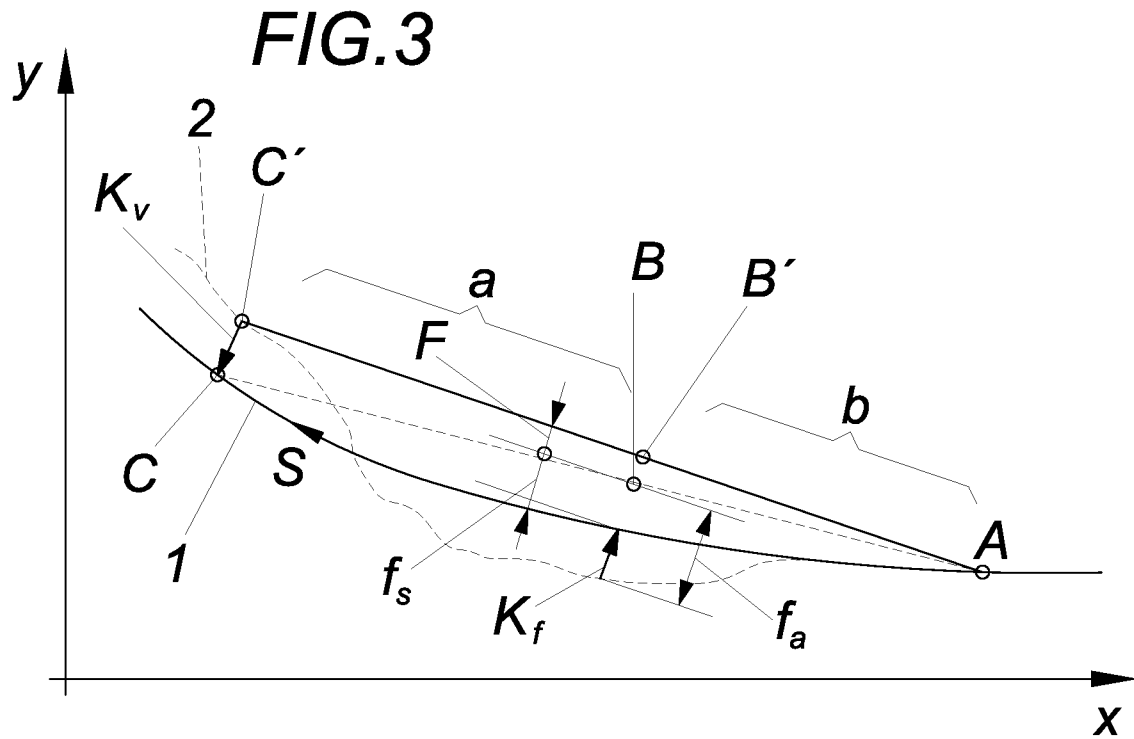


FIG.5

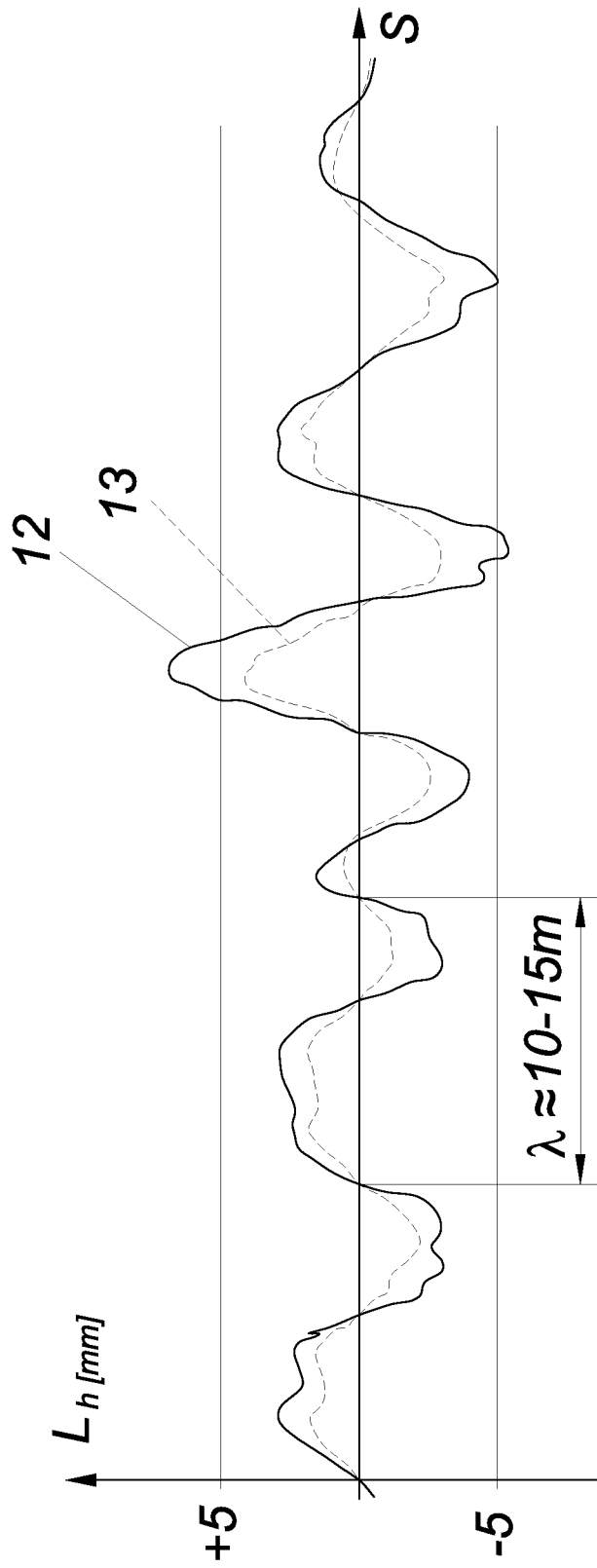


FIG.6

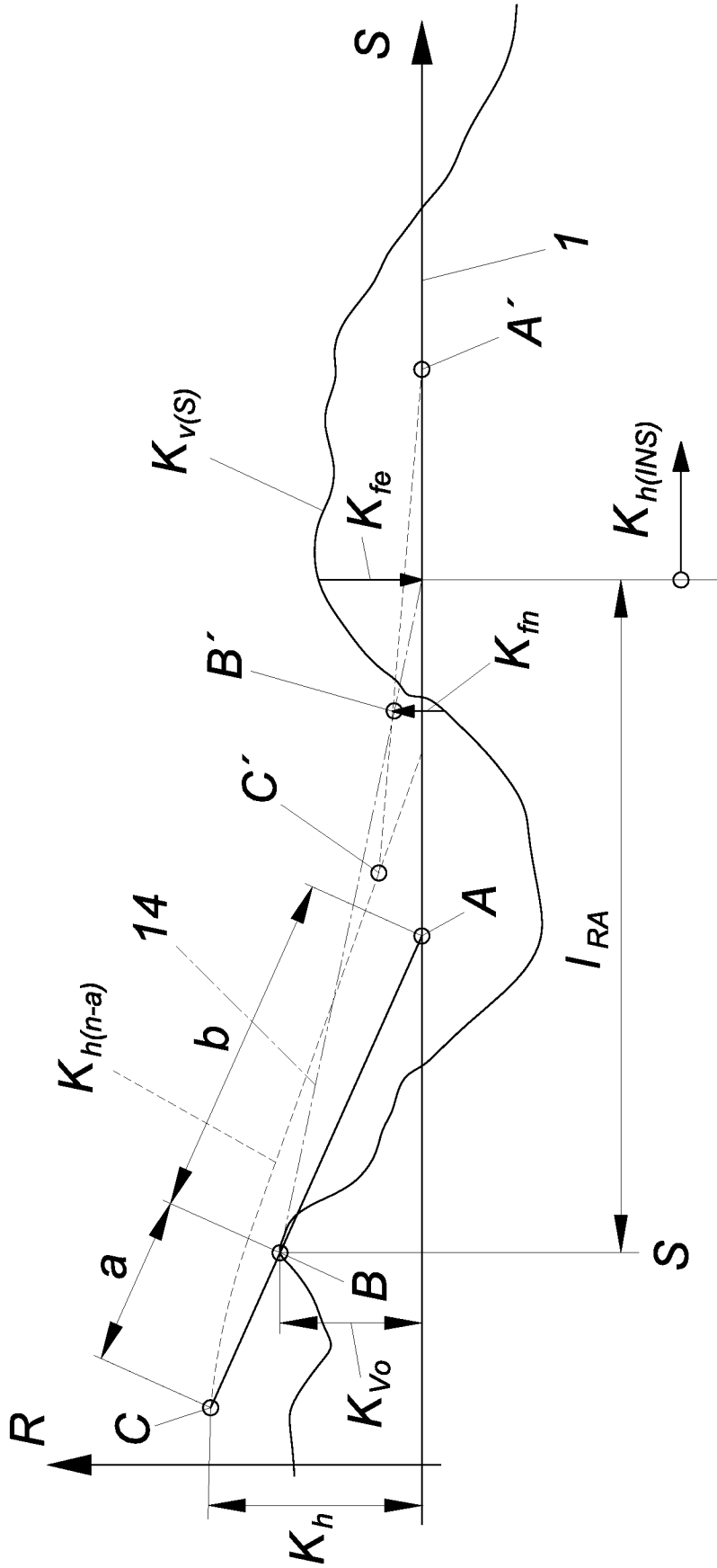
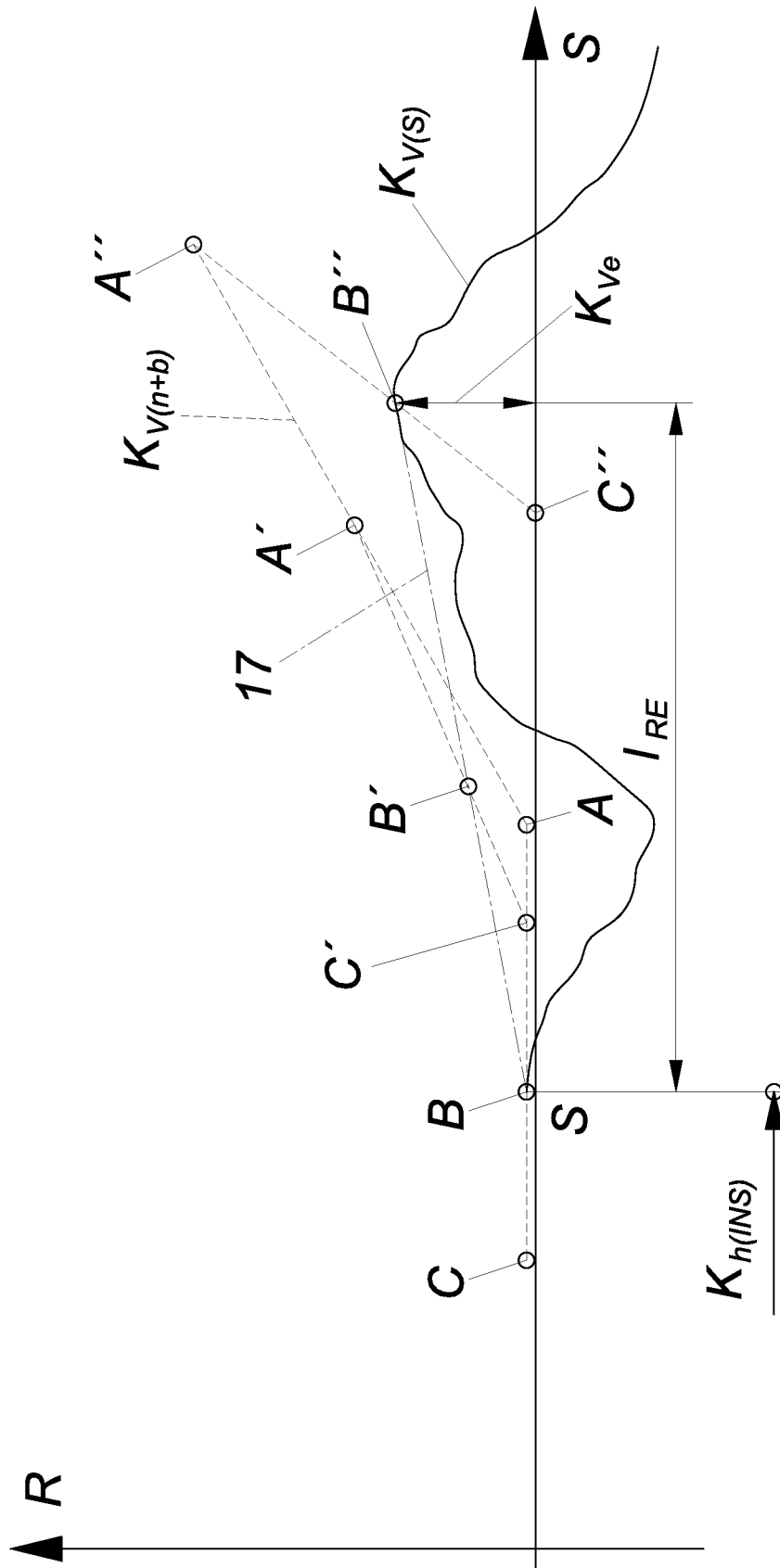


FIG.7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/AT2019/050005

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>E01B 35/00</i> (2006.01)i; <i>E01B 27/20</i> (2006.01)i; <i>E01B 27/17</i> (2006.01)n; <i>B61K 9/08</i> (2006.01)n		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) E01B; B61K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0952254 A1 (PLASSER BAHNBAUMASCH FRANZ [AT]) 27 October 1999 (1999-10-27)	1,4,5
A	column 4, paragraph [0013]-[0014]; claim 1; figures 1-5	2,3
Y	WO 2008125168 A1 (PLASSER BAHNBAUMASCH FRANZ [AT]; THEURER JOSEF [AT] ET AL.) 23 October 2008 (2008-10-23) page 4, paragraph [0018] - page 5, paragraph [0022]; figures 1,2	1,4,5
A	EP 2957674 A1 (SYSTEM7 RAILSUPPORT GMBH [AT]) 23 December 2015 (2015-12-23) abstract; figures 1-10	1
A	DE 10337976 B4 (DB NETZ AG [DE]) 27 December 2007 (2007-12-27) cited in the application the whole document	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 08 April 2019		Date of mailing of the international search report 16 April 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Fernandez, Eva Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/AT2019/050005

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	0952254	A1	27 October 1999	AU	743117	B2	17 January 2002
				CA	2266877	A1	27 September 1999
				CN	1231360	A	13 October 1999
				DE	59907764	D1	24 December 2003
				DK	0952254	T3	15 March 2004
				EP	0952254	A1	27 October 1999
				ES	2212843	T3	01 August 2004
				JP	H11315503	A	16 November 1999
				RU	2187593	C2	20 August 2002
				US	6154973	A	05 December 2000
WO	2008125168	A1	23 October 2008	AT	504517	A4	15 June 2008
				AT	539198	T	15 January 2012
				AU	2008238402	A1	23 October 2008
				BR	PI0810169	A2	30 December 2014
				CA	2679645	A1	23 October 2008
				CN	101657585	A	24 February 2010
				DK	2147160	T3	02 April 2012
				EA	200901287	A1	30 April 2010
				EP	2147160	A1	27 January 2010
				ES	2379026	T3	20 April 2012
				HR	P20120239	T1	30 April 2012
				JP	2010523854	A	15 July 2010
				KR	20090129467	A	16 December 2009
				RS	52207	B	31 October 2012
				US	2010018432	A1	28 January 2010
				WO	2008125168	A1	23 October 2008
EP	2957674	A1	23 December 2015	CN	105200877	A	30 December 2015
				EP	2957674	A1	23 December 2015
				JP	2016003561	A	12 January 2016
				US	2015368865	A1	24 December 2015
DE	10337976	B4	27 December 2007	AU	2003258632	A1	19 April 2004
				DE	10337976	A1	01 April 2004
				EP	1543439	A1	22 June 2005
				WO	2004029825	A1	08 April 2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2019/050005

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. E01B35/00 E01B27/20 ADD. E01B27/17 B61K9/08		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) E01B B61K		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 952 254 A1 (PLASSER BAHNBAUMASCH FRANZ [AT]) 27. Oktober 1999 (1999-10-27)	1,4,5
A	Spalte 4, Absatz [0013]-[0014]; Anspruch 1; Abbildungen 1-5	2,3
Y	WO 2008/125168 A1 (PLASSER BAHNBAUMASCH FRANZ [AT]; THEURER JOSEF [AT] ET AL.) 23. Oktober 2008 (2008-10-23)	1,4,5
	Seite 4, Absatz [0018] - Seite 5, Absatz [0022]; Abbildungen 1,2	
A	EP 2 957 674 A1 (SYSTEM7 RAILSUPPORT GMBH [AT]) 23. Dezember 2015 (2015-12-23)	1
	Zusammenfassung; Abbildungen 1-10	
A	DE 103 37 976 B4 (DB NETZ AG [DE]) 27. Dezember 2007 (2007-12-27)	1
	in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 8. April 2019		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 16/04/2019
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Fernandez, Eva

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2019/050005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0952254	A1	27-10-1999	AU 743117 B2 17-01-2002
			CA 2266877 A1 27-09-1999
			CN 1231360 A 13-10-1999
			DE 59907764 D1 24-12-2003
			DK 0952254 T3 15-03-2004
			EP 0952254 A1 27-10-1999
			ES 2212843 T3 01-08-2004
			JP H11315503 A 16-11-1999
			RU 2187593 C2 20-08-2002
			US 6154973 A 05-12-2000

WO 2008125168	A1	23-10-2008	AT 504517 A4 15-06-2008
			AT 539198 T 15-01-2012
			AU 2008238402 A1 23-10-2008
			BR PI0810169 A2 30-12-2014
			CA 2679645 A1 23-10-2008
			CN 101657585 A 24-02-2010
			DK 2147160 T3 02-04-2012
			EA 200901287 A1 30-04-2010
			EP 2147160 A1 27-01-2010
			ES 2379026 T3 20-04-2012
			HR P20120239 T1 30-04-2012
			JP 2010523854 A 15-07-2010
			KR 20090129467 A 16-12-2009
			RS 52207 B 31-10-2012
			US 2010018432 A1 28-01-2010
			WO 2008125168 A1 23-10-2008

EP 2957674	A1	23-12-2015	CN 105200877 A 30-12-2015
			EP 2957674 A1 23-12-2015
			JP 2016003561 A 12-01-2016
			US 2015368865 A1 24-12-2015

DE 10337976	B4	27-12-2007	AU 2003258632 A1 19-04-2004
			DE 10337976 A1 01-04-2004
			EP 1543439 A1 22-06-2005
			WO 2004029825 A1 08-04-2004
