

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50701/2018 (51) Int. Cl.: **E01B 29/04** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 20.08.2018 **E01B 27/17** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2019 **E01B 35/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen: WO 2018082798 A1 EP 0930398 A1	(71) Patentanmelder: HP3 Real GmbH 1010 Wien (AT) (74) Vertreter: Hübscher & Partner Patentanwälte GmbH 4020 Linz (AT)
--	---

(54) **Verfahren zur Einzelfehlerbehebung**

(57) Es wird ein Verfahren zur automatischen Lagekorrektur von Einzelfehlern ($H(n)$) eines aus Schienen (16) und Schwellen (9) gebildeten Gleises mit einer Gleisstopfmaschine (2) beschrieben. Nach dem unabhängigen Aufmessen der linken und rechten Schiene mittels einer inertialen Messeinheit (11) wird die Länge und Lage des zu korrigierenden Einzelfehlers (TAMP, S, E) unter Berücksichtigung eines Grenzwertes der Einzelfehler (F_{LIM}) und einer maximalen Ausdehnung (s_{max}) in Längsrichtung des Gleises (s) bestimmt. Die Stopfaggregate (7) der Stopfmaschine (s) werden genau am Startpunkt (S) positioniert und beenden die Stopfung am Endpunkt (E) des ermittelten Gleiskorrekturabschnittes (TAMP). Beide Schienenstränge (F_{LI} , F_{RE}) werden gleichzeitig gestopft und berichtigt.

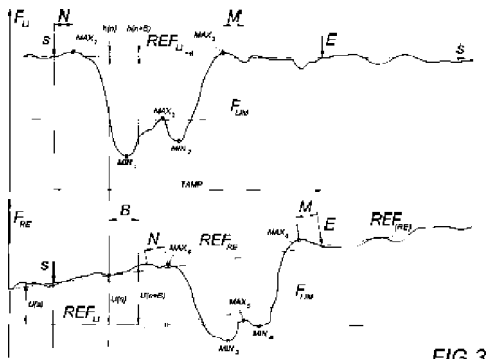


FIG.3

Zusammenfassung:

Es wird ein Verfahren zur automatischen Lagekorrektur von Einzelfehlern ($H(n)$) eines aus Schienen (16) und Schwellen (9) gebildeten Gleises mit einer Gleisstopfmaschine (2) beschrieben. Nach dem unabhängigen Aufmessen der linken und rechten Schiene mittels einer inertialen Messeinheit (11) wird die Länge und Lage des zu korrigierenden Einzelfehlers (TAMP, S, E) unter Berücksichtigung eines Grenzwertes der Einzelfehler (F_{LIM}) und einer maximalen Ausdehnung (s_{max}) in Längsrichtung des Gleises (s) bestimmt. Die Stopfaggregate (7) der Stopfmaschine (s) werden genau am Startpunkt (S) positioniert und beenden die Stopfung am Endpunkt (E) des ermittelten Gleiskorrekturabschnittes (TAMP). Beide Schienenstränge (F_{LI} , F_{RE}) werden gleichzeitig gestopft und berichtigt.

(Fig. 3)

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Korrektur von Einzelfehlern eines aus Schienen und Schwellen gebildeten Eisenbahngleises.

Aus der EP1 028 193 B1 ist ein Verfahren zur Lagekorrektur von Einzelfehlern bekannt. Im „Handbuch Gleis“; Dr. Bernhard Lichtberger, DVV Media Group GmbH/ Eurailpress (ISBN 978-3-7771-0400-3) in 3. Auflage 2010 erschienen wird auf Seite 472 mit dem „UNIMAT Sprinter“ eine Einzelfehlerbehebungsmaschine beschrieben.

Stopfaggregate von Gleisstopfmaschinen penetrieren mit Stopfwerkzeugen den Schotter eines Gleisbettes im Bereich zwischen zwei Schwellen (Zwischenfach) im Bereich des Auflagers der Schwelle im Schotter unter der Schiene und verdichten den Schotter durch eine dynamische Vibration der Stopfpickel zwischen den zueinander beistellbaren gegenüberliegenden Stopfpickeln. Je gleichmäßiger ein Gleis von Schwelle zu Schwelle verdichtet wird, um so haltbarer ist die erzielte geometrische Gleislage nach der Instandhaltungsarbeit. Bei langer Gebrauchsdauer des Schotters (lange Liegezeiten typischerweise mehr als 10 Jahre) ist der Schotter in der Regel stark verunreinigt und abgenutzt. Zum einen brechen die Schotterkörner an den Kornspitzen ab und die abgebrochenen Teile liegen dann zwischen den Schotterkörnern. Dazwischen sammelt sich Gesteinsmehl (Abrieb der Schotterkörner unter Verkehrslast). Dies führt dazu, dass von Schwelle zu Schwelle unterschiedliche Schotterverhältnisse und Steifigkeiten vorliegen. Unter den Radlasten kommt es je nach Steifigkeit des Schotters unter der Schwelle zu unterschiedlichen Einsenkungen. Die Räder reagieren darauf mit Radkraftschwankungen die einerseits das Laufverhalten der Züge negativ beeinflussen und andererseits das Gleis

und die Fahrzeuge hoch beanspruchen. Dies erhöht den Verschleiß der Räder und des Laufwerkes. Es führt auch zu einem schnellen Qualitätsverfall der Gleislage.

Ergebnisse aus der Praxis zeigen, dass mit ca. einem Einzelfehler pro km Gleis auf den betriebenen Eisenbahnstrecken zu rechnen ist. Diese zeigen keine Korrelation zur Gleisgeometrie. Sie treten in Geraden, in Bögen oder in Übergangsbögen in etwa gleich häufig auf. Die nach dem in EP1 028 193 B1 beschriebenen und mit der Einzelfehlerbehebungsmaschine „UNMAT Sprinter“ durchgeführten Lagekorrekturen zeigen, dass zwischen 50-60% der so korrigierten Einzelfehler nicht haltbar beseitigt werden konnten und sich nach kurzer Betriebsbelastung wieder in vorheriger Größe einstellen. Da kein offensichtlicher Zusammenhang mit Gleisgeometrieelementen vorliegt ist die Ursache für die wiederkehrenden Einzelfehler in den Schottereigenschaften bzw. dem Untergrund zu suchen. Mit den bisherigen Methoden nach dem bekannten Stand der Technik kann nach der Behebung eines Einzelfehlers kein Hinweis im Sinne eines objektiven Qualitätsnachweises, sowie hinsichtlich der Haltbarkeit des behobenen Einzelfehlers bzw. des Schotterzustandes gegeben werden.

Häufig ist der Auslöser eines Einzelfehlers eine singuläre Gleisunstetigkeit wie z.B. ein unebener Schienenstoß oder eine hohl liegende Schwelle. Züge die über diese Unebenheit fahren üben hohe dynamische Kräfte aus. Dadurch wird der Schotter unter diesen Bereichen einer hohen Belastung ausgesetzt, bricht an den Kanten, rundet sich, die Feianteile verfüllen die Hohlräume zwischen den Schotterkörnern. Der Fehler wird nicht nur größer, sondern dehnt sich wegen der Rad-Schienewechselwirkung auch in Längsrichtung aus. Durch die angeregten Wagenkästen (durch den Gleisfehler angeregtes aus- und wieder einfedern) kommt es zur Entstehung von Folgeeinzelfehlern mit typisch geringerer und abklingender Fehlerhöhe.

Das aus der EP1 028 193 B1 bekannte Verfahren zur Einzelfehlerbehebung weist die folgenden Mängel auf:

Es wird eine elektronische Glättung durchgeführt, wodurch der tatsächliche im Gleis liegende Fehler nur näherungsweise erfasst wird

Die linke und rechte Schiene wird nur auf der jeweiligen Fehlerlänge der einzelnen Schienenseite unterstopft. Wenn diese Fehler zueinander in Längsrichtung deutlich versetzt sind, wird ein Verwindungsfehler eingebaut. Das Verfahren beginnt mit der Lagekorrektur durch Unterstopfen des Gleises beim jeweils ermittelten Startpunkt (am Hochpunkt) ohne Hebung. Aus Untersuchungen ist bekannt, dass bereits bei einer Stopfung ohne Hebung sich unter den Zugsbelastungen eine Setzung von 5mm einstellt. Dies ergibt nach dem Verfahren nach EP1 028 193 B1 bis zu vier aufeinanderfolgende Verwindungsfehler (gerechnet mit der üblichen Verwindungsbasis von 3m) von jeweils bis zu 5 mm. Die Eingriffsschwelle die eine Gleisberichtigung erfordert liegt in der Nähe dieses Wertes. Die hinterlassene Gleisgeometrie wäre also hinsichtlich der Verwindung bereits grenzwertig.

Der Beginn und das Ende der Stopfung wird exakt auf den Hochpunkt gelegt. Der Hochpunkt des Gleises bildet sich durch besonders fest aufliegende Schwellen aus. Bleiben diese in ihrer extrem festen Auflage erhalten, dann bleibt nach dem Stopfen ein sprunghafter Übergang zwischen hart (vor dem Gleisfehler) und weich (auf der Länge des Gleisfehlers) zurück. Dies hält die hohe dynamische Rad-Schiene-Wechselwirkung aufrecht. Der berichtigte Fehler wird schnell wiederkehren.

Nachteilig am Verfahren nach EP1 028 193 B1 ist auch, dass vor der eigentlichen Arbeit keine Überprüfung der ermittelten Sollgeometrie hinsichtlich der zu erwartenden Verwindungsfehler erfolgt und eventuell eine Korrektur des Entwurfs durchgeführt wird.

Nachteilig ist auch, dass der Einsatz des Mehrfachstopfens oder die Wahl der Stopfparameter dem Maschinenbediener überlassen wird und dieser nach Gutdünken verfahren kann. Der aktuelle Schotterzustand wird nicht erfasst und geht in die Planung des Entwurfes der Gleissollgeometrie nicht ein.

Als Überprüfung der Qualität der durchgeführten Arbeit wird nach EP1 028 193 B1 alleine die hinterlassene Gleisgeometrie aufgezeichnet. Diese gibt keine Auskunft über die Haltbarkeit der Gleiskorrektur und auch keine Angabe über die Schotterverhältnisse im Fehlerbereich.

Es ist bekannt Leitcomputer für Stopfmaschinen vorzusehen, mit denen Gleisgeometrien aufgezeichnet und abgespeichert werden können. Mit Inertialsystemen oder nordbasierten Navigationssystemen können neben den Höhenlagefehlern auch die Richtungsfehler und die Gleisüberhöhung aufgezeichnet werden.

Bekannt sind auch Stopfaggregate mit vollhydraulischem Stopfantrieb die die Bettungshärte über Messung der Verdichtkraft und des Verdichtweges erfassen. Diese liefern über die Erfassung der Bettungshärte und der erreichten Verdichtung (Verdichtkraft) des Schotters durch die Stopfung eine Aussage über die Verunreinigung des Schotters und den Schotterzustand. Wird zum Beispiel beim Stopfen nur eine geringe Verdichtkraft gemessen (typisch 10-30 kN Verdichtkraft, Bettungshärte < 150 Nm) dann ist dort der Schotter zerkleinert und abgerundet. Es kann keine ausreichende Verzahnung der Schotterkörner erreicht werden. Die Stopfung wird keine Haltbarkeit aufweisen. Der korrigierte Einzelfehler wird sich in Kürze (typisch innerhalb 1-2 Mio Lto) wieder ausbilden. Je nach Höhe des Fehlers wird nach dem Stand der Technik Mehrfachstopfung eingesetzt. Für eine Gleishebung von mehr als 40mm z.B. zweimal Stopfung oder ab 60mm dreimal Stopfung an derselben Schwelle.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Gleislagekorrektur von extremen Längshöheneinzelfehlern anzugeben welches die Haltbarkeit der Gleislage der behobenen Einzelfehler im Vergleich zu den bisher bekannten Verfahren wesentlich erhöht, sowie die Möglichkeit der Vorhersage der Haltbarkeit durch objektive Messung bietet.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einem durch folgende Schritte gekennzeichneten Verfahren gelöst:

Aufmessen des amplituden- und phasentreuen nichtverzerrten Höhenverlaufes der linken und rechten Schiene, des Richtungsfehlers und der Überhöhung mittels eines Inertialmesssystems oder eines nordbasierten Navigationsmesssystems.

Festlegen der zu berichtigenden Höhenfehlerlänge der linken und rechten Schiene

Festlegen der Referenzhöhenlinie für die linke und die rechte Schiene mit Berechnung der durchzuführenden Hebungen der linken und rechten Schiene

Wahl des Startpunktes N Schwellen (typisch 6) vor dem Hochpunkt vor dem Einzelfehler und Wahl des Endpunktes M Schwellen (typisch 6) nach dem Hochpunkt nach dem Einzelfehler.

Prüfen der Einhaltung zulässiger Verwindung der ermittelten und geplanten Sollgeometrie beider Höhenlagen

Positionierung des Stopfaggregates genau am ermittelten Startpunkt und Beendigung der Stopfung genau am ermittelten Endpunkt

Durchführung der Gleislagekorrektur unter gleichzeitiger unabhängiger Regelung und Korrektur der Höhenlagen des linken und rechten Schienenstranges.

Erfindungsgemäß kann das Verfahren durch Probestopfungen zur Ermittlung der Bettungshärte mit dem Stopfaggregat erweitert werden. Dazu wird z.B. nach der Gleisgeometrieaufmessung im nunmehr bekannten Fehlerbereich eine Probestopfung ohne Hebung zur Ermittlung der Schotterbetthärte und der Verdichtkraft und damit zum Schotterzustand durchgeführt. Abhängig vom Schotterzustand kann dann das Gleis Überhoben werden, um eine bessere Haltbarkeit zu erzielen.

Erfindungsgemäß kann nach dieser probeweisen Ermittlung des Schotterzustandes im Bereich des Einzelfehlers falls notwendig mit mitgeführten Maschinen der abgenutzte Schotter ausgebaut und durch neuen ersetzt werden um eine Wiederkehr des Gleisfehlers ausschließen zu können.

Erfindungsgemäß wird während der Gleislagekorrektur an jeder Schwelle der Schotterzustand (Bettungshärte, Verdichtkraft) gemessen und aufgezeichnet. Über diese Werte kann eine Vorhersage über die Haltbarkeit der Gleisgeometrie im Bereich des behobenen Einzelfehlers gemacht werden. Diese Messdaten können dann zur Planung des Schottertausches unter Schwellen mit abgenutztem Schotter genutzt wer-

den, damit bei der Behebung des in erwartbarer Kürze der neuerlichen Einzelfehlerbehebung diese dauerhaft erfolgen kann.

Erfindungsgemäß wird neben den dominanten Längshöhenfehlern gleichzeitig der Richtungsfehler und die Überhöhung berichtigt. Der Richtungsfehler wird analog aus den IMU-Messungen abgeleitet und die sich daraus ergebenden Korrekturwerte werden dem Maschinensteuersystem vorgegeben. Die Überhöhung geht in die Berechnung der Referenzhöhen der beiden Schienen ein.

Die wesentlichen Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens liegen in der präzisen phasen- und amplitudentreuen Erfassung der Einzelfehler, einer Vergleichmäßigung der vertikalen Steifigkeit, einer Verlängerung der Haltbarkeit der Gleisgeometrie des behobenen Einzelfehlers und einem Qualitätsnachweis mittels der Bettungshärte und der Verdichtkraft bei den einzelnen bearbeitenden Schwellen und darauf fundierten Aussagen über die erwartbare Haltbarkeit der Gleisfehlerkorrektur. Eine geringe Bettungshärte (W ... weich, N ... normal, H ... hart) ist dabei ein Hinweis auf zerstörten Schotter und stark reduzierte Haltbarkeit der Stopfung.

In den Zeichnungen ist das erfindungsgemäße Verfahren beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 schematisch eine Einzelfehlerstopfmaschine

Fig. 2 schematisch einen gemessenen Einzelfehler eines Schienenstranges

Fig. 3 schematisch dargestellte gemessene Einzelfehlerverläufe der linken und rechten Schiene

Fig. 4 ein Diagramm welches den Verlauf der Setzung abhängig von der Hebung zeigt, sowie den Verlauf der verbleibenden Hebung im Gleis

Fig. 5 schematisch einen Einzelfehler, den Verlauf einer Überhebung des Gleises und die sich einstellende Gleislage nach der Stabilisierung des Gleises (nach vollständiger Setzung)

Fig. 6 schematisch einen Einzelfehler und den Verlauf der Bettungshärte über die Länge des Einzelfehlers

Fig. 1 zeigt eine Einzelfehlerstopfmaschine 2. Die Arbeitsrichtung ist mit W angegeben. Über eine Hebe-Richteinrichtung 13 wird mittels Hebeantrieben 3 und Richtungsantrieben 4 das Gleis in die Sollposition gehoben und gerichtet. Mit dem Stopfaggregat 7 und den Stopfwerkzeugen 8, 15 die in den Schotter eintauchen und den Schotter unter den Schwellen 9 verdichten wird die Gleislage korrigiert. Die Maschine 2 wird während des Arbeitens und des Fahrens mit einem Antriebsmotor 5 mit Energie versorgt. Die Maschine 2 ist so ausgeführt, dass sie auch Einzelfehler in Weichen beheben kann. Dazu ist die Maschine mit schwenkbaren Stopfpickeln 8, 15, Splithead-Stopfaggregaten 7 und einer Drehvorrichtung 6 für die Stopfaggregate 7 ausgestattet. Die Maschine 2 ist über Drehgestelle 12 auf dem Gleis 16 verfahrbar. Die Schienen 16 ruhen auf den Querschwellen 9 die im Schotterbett liegen. Das maschineneigene Steuer- und Regelsystem besteht aus den beiden Messwagen 10 und dem hinteren IMU-Messwagen 11. Das Maschinensteuer- und Messsystem wird in der Regel als Sehnennmesssystem ausgeführt. Dabei verläuft eine Sehne mittig für die Richtlage und zwei weitere Sehnen werden für die Längshöhenlage über den Schienen 16 geführt. Die Sensoren zur Erfassung der Längshöhen und der Richtung befinden sich auf dem mittleren Messwagen 10. Der hintere Messwagen 11 ist so ausgeführt, dass eine darauf aufgebaute Inertialeinheit bzw. ein nordgestütztes Navigationssystem die Längshöhe beider Schienen, die Richtlage und die Querhöhe wegabhängig aufzeichnen kann. Über ein Odometer wird der Weg s während der Messfahrt aufgezeichnet. Die Messwerte werden äquidistant auf einem Bordrechner mit Display 18 aufgezeichnet, dargestellt und abgespeichert. Das Fahrzeug besitzt zwei Fahrkabinen 17.

Fig. 2 zeigt beispielhaft einen Einzelfehlerverlauf F_L der linken Schiene längs der Bogenlänge s des Gleises. Mit F_{Lim} ist eine Grenze angegeben die ein Fehler unterschreiten muss, damit er als zu behebender Einzelfehler behandelt wird. Eine einfache mathematische Möglichkeit die Größe der Einzelfehler und die Hochpunkte zu bestimmen ist die Suche der Maxima (MAX) und Minima (MIN). Die typische Länge eines ausgeprägten Einzelfehlers L_{Typ} beträgt zwischen 12-15 m. Befinden sich in der Nachbarschaft des ersten detektierten Einzelfehlers weitere die den Grenzwert F_{Lim} unterschreiten (MIN_1 , MIN_2 , MIN_3), dann werden diese nur berücksichtigt, wenn

sie sich innerhalb einer maximalen Länge $s_{\max}$ (z.B. typisch 35-40m) befinden. Dadurch soll vermieden werden, dass statt der Behebung der gefährlichen Einzelfehler eine Durcharbeitung ganzer Streckenabschnitte erfolgt. Ziel ist erfindungsgemäß die automatische computergestützte Festlegung des fehlerhaften Stopfbereiches und der Stopfparameter. Mechanisierte Einzelfehlerbehebung erfolgt nur bei gefährlichen Einzelfehlern die bei Nichtbehebung zu einer Gleissperre oder einer Langsamfahrstelle führen würden. Da diese so schnell wie möglich behoben werden sollen, wäre eine Durcharbeitung längerer Abschnitte ineffizient. F_{Lim} wird so gesetzt, dass Einzelfehler die fast die gleiche Größenordnung wie der eigentliche auslösende Einzelfehler aufweisen mitgehoben werden. Dies ist effizient, da diese Fehler sonst in naher Zukunft sich zu einem kritischen Fehler entwickeln würden. $H(n)$ gibt den Hebewert an der Schwelle n an. Die strichlierte, die Maxima (MAX_1 , MAX_2 , MAX_3) verbindende Linie, ist die Referenzhöhenlinie der linken Schiene auf die die Schiene durch die Korrektur gebracht wird. Damit ein gleichmäßiger vertikaler Steigungsverlauf in der Längsrichtung erzielt wird (aufweichen der harten Hochpunktbereiche) wird mit der Stopfung N Schwellen (typisch 6) vor dem Hochpunkt MAX_1 begonnen und M Schwellen (typisch 6) nach dem letzten Hochpunkt MAX_3 geendet. Da der Gleisfehler mit dem Minimum MIN_4 über dem Fehlerlimit F_{Lim} liegt (also kleiner ist) wird er nicht für die Korrektur berücksichtigt und verbleibt unberichtigt im Gleis. S kennzeichnet den Startpunkt der Stopfung und E das Ende. Die genaue Positionierung beim Startpunkt S kann der Maschinenbediener an Hand der grafischen Darstellung am Leitrechner 18 vornehmen.

Fig. 3 zeigt oben beispielhaft den Einzelfehlerverlauf F_{Li} der linken Schiene und unten den Einzelfehlerverlauf F_{Re} der rechten Schiene. Die rechte Schiene weist als allgemeinen Fall eine ansteigende Überhöhung $u(x)$ auf. Der Einzelfehler liegt also in einem Übergangsbogen. Wie zuvor beschrieben werden die Einzelfehler hinsichtlich Start- und Endpunkt zuerst für beide Schienen getrennt behandelt. Für die linke Schiene ergibt sich als Referenzlinie REF_{Li} und für die rechte überhöhte Schiene die der Überhöhungsrampe $u(s)$ zufolge ansteigende Referenzlinie REF_{Re} . Da es nach einer Stopfung auch ohne Hebung zu einer Setzung von 5mm kommt werden zwar die Einzelfehler links und rechts getrennt der Höhe nach gehoben aber es werden

immer beide Seiten zugleich unterstopft. Die Setzung erfolgt dann auf beiden Schienenseiten gleichmäßig, damit ergibt sich kein Verwindungsfehler. Als Startpunkt S wird der in Längsrichtung zuerst detektierte und zu berichtigende Längshöhenfehler genommen und als Endpunkt E der letzte detektierte und zu berichtigende Längshöhenfehler. Um zu prüfen ob etwaige unzulässige Verwindungsfehler auftreten wird die Differenz der Überhöhungen über die typische Basislänge B der Verwindung von 3m berechnet.

Die Verwindung V errechnet sich zu: $V=[u(n) + h(n)] - [u(n + B) + h(n + B)]$ wobei n die betrachtete Schwelle bezeichnet. Die Verwindung wird für alle Positionen beginnend am Startpunkt (bzw. B=3m vorher) bis zum Endpunkt (bzw. bis B=3m nachher) berechnet und die Einhaltung des Abnahmegrenzwertes für die Verwindung geprüft. Sollte dieser nicht eingehalten werden, dann sind die Referenzhöhenlinien entsprechend zu modifizieren. Dies ist wie in den nächsten Abbildungen gezeigt wird vor allem dann nötig wenn aus Gründen höherer Haltbarkeit der Gleislage das Gleis überhoben wird, damit es sich nach der erwartbaren Setzung während der Stabilisierungsphase des Gleises der optimalen geraden Referenzlinie anpasst.

Fig. 4 zeigt schematisch die Setzung (Linie mit Dreiecken gekennzeichnet) abhängig von der zuvor durchgeführten Hebung. Daraus kann der Verlauf der verbleibenden Hebung im Gleis (dauerhafte Berichtigung) angegeben werden (Linie mit Punkten). Derartige Verläufe werden in verschiedenen Publikationen wiedergegeben. Eine davon ist im „Handbuch Gleis“ Autor: Dr. Bernhard Lichtberger, DVV Media Group GmbH/ Eurailpress (ISBN 978-3-7771-0400-3), 3. Auflage 2010 im Bild 287 auf Seite 463 zu finden.

Die Setzung S kann abhängig von der Hebung H vereinfachend wie folgt angegeben werden:

$$\text{für } H \leq 15\text{mm} \quad S = \frac{2}{3} \cdot H + 5$$

$$\text{für } H > 15\text{mm} \quad S = \frac{1}{8} \cdot H + 13$$

Für die verbleibende Hebung H' abhängig vom Gleisfehler F gilt:

$$F \leq 15\text{mm} \quad H' = (F + 5) \cdot 3$$

$$F > 15\text{mm} \quad H' = \frac{8}{7} \cdot F + 15$$

Wie den Formeln und dem Diagramm zu entnehmen ist setzt sich das Gleis bei Hebung null $H=0$ um $S=5\text{mm}$. Der Grund dafür ist, dass die Stopfwerkzeuge 8, 15 Raum einnehmen und einen Teil des Schotters schon nur durch das Eintauchen der Pickel in den Schotter verdrängen. Dies entspricht einem Auflockern des Schotters im Bereich der Schwellen die sich daraufhin unter der Verkehrslast zu setzen beginnen.

Fig. 5 zeigt als Beispiel den Verlauf eines Einzelfehlers (Linie mit Punkten). Damit die Gleislage haltbarer wird, beziehungsweise damit die erwartbare Setzung berücksichtigt wird, wird mit der obigen Formel $H' = \frac{8}{7} \cdot F + 15$ die notwendige Hebung H' errechnet (Linie mit Kreisen). Die Referenzlinie für die Höhe der Schiene ist nunmehr keine zwischen den Maxima verlaufende Gerade sondern eine gekrümmte Linie (Linie mit Rauten). Unter der Zuglast setzt sich das Gleis und nimmt nach vollständiger Stabilisierung die Referenzhöhenlinie (Linie mit Dreiecken) an. An den Anfangs- und Endbereichen R wird der Hebewert H' über eine Rampe (Länge typisch z.B. 3m) aufgebaut. Da die Hebewerte Anfangs Null beziehungsweise sehr klein sind setzt sich das Gleis unter die Null-Referenzlinie. Das entspricht zu Beginn und Ende einem kleinen Längshöhenrestfehler der nicht zu vermeiden ist, aber in der Praxis vernachlässigt werden kann.

Fig. 6 zeigt als Beispiel den Verlauf des Einzelfehlers aus dem vorhergehenden Diagramm (Linie mit Kreisen). Im Diagramm eingetragen ist die Bettungshärte die mit dem vollhydraulischen Stopfaggregat während des Stopfens ermittelt wird. Die Bet-

tungshärte im gekennzeichneten Bereich W ist gering. Die Ursache ist zerkleinerter abgerundeter Schotter der sich nicht mehr ausreichend verdichten (verzahnen) lässt. Kommt es vor der Durcharbeitung zu keinem Schottertausch, dann sollte dieser Bereich unbedingt überhoben werden, damit sich eine längere Haltbarkeit der Gleislage ergibt. Im Bereich N des Gleisfehlers hingegen liegen gute normale Bettungshärten vor. Hier ist mit einer haltbaren Stopfung zu rechnen. Mit Hilfe der während der Stopfung ermittelten Bettungshärten kann somit die erwartbare Haltbarkeit der Einzelfehlerbehebung angegeben werden. Im gezeigten Beispiel sollte der Infrastrukturbetreiber im gekennzeichneten Bereich der Schwellen W den Schotter gegen neuen gebrauchsfähigen tauschen. Nach der Messfahrt kann durch Probestopfungen (mindestens eine in den Bereichen der größten Hebungen also im Beispiel bei Schwelle 17 und bei Schwelle 32) die Bettungshärte bzw. die erreichbare Verdichtkraft gemessen werden. Dazu wird ohne Hebung die Testschwelle gestopft und die Bettungshärte und die Verdichtkraft sowie der Beistellweg (bewegte Distanz der Stopfpickel 8,15) ermittelt. Ausgehend von den damit bekannten Verhältnissen kann das Gleis überhoben werden. Befindet sich eine Maschine mit welcher vorab Schottertausch durchgeführt werden kann vor Ort, dann wird dieser vor dem Stopfgang durchgeführt. Nach dem Schottertausch muss eine neuerliche Messfahrt zur Planung der Einzelfehlerbehebung durchgeführt werden. Nach der Durcharbeit kann die Gleislage durch einen dynamischen Gleisstabilisator künstlich stabilisiert (Setzung) werden. Durch die Stabilisierung mit dem dynamischen Gleisstabilisator wird ein Teil der überhobenen Werte durch den Gleisstabilisator reduziert und geglättet. Diese Setzungen würden ohne Einsatz des Gleisstabilisators durch die belastenden Züge stattfinden (die Gleisstabilisatorwirkung entspricht ca. 150.000 Lto äquivalenten Zugverkehrs).

Verwendete Bezeichnungen:

1	...	Stopfaggregat
2	...	Stopfmaschine
3	...	Hebezyylinder
4	...	Richtzyylinder
5	...	Dieselmotor

6	...	Drehvorrichtung Stopfaggregat
7	...	Stopfwerkzeug
8	...	Stopfpickel
9	...	Schwelle
10	...	Mittlerer Messwagen
11	...	IMU-Messwagen
12	...	Drehgestell
13	...	Hebe-Richt-Aggregat
14	...	Arbeitskabine
15	...	Stopfpickel
16	...	Schiene
17	...	Fahrkabine
18	...	Leitcomputer
W	...	Weiche Bettung, Arbeitsrichtung der Maschine
N	...	Normale Bettung
R	...	Anfangs- Endrampe
B	...	Basislänge Verwindung
S	...	Startpunkt
E	...	Endpunkt
MIN	...	Minima in der Höhenlage
MAX	...	Maxima in der Höhenlage
s	...	Bogenlänge
M	...	Nachstopflänge
N	...	Vorstopflänge
H(n)	...	Hebungen
u(n)	...	Überhöhung
F _{lim}	...	Grenzwert kritischer Fehler
TAMP	...	Stopfbereich
REF	...	Referenzlinie für Hebung
S _{max}	...	Grenzbereich maximal Einzelfehlerlänge

Patentanwälte
 Dipl.-Ing. Helmut Hübscher
 Dipl.-Ing. Gerd Hübscher
 Dipl.-Ing. Karl Winfried Hellmich
 Spittelwiese 4, 4020 Linz

(42204)

Patentansprüche:

1. Verfahren zur automatischen Lagekorrektur eines aus Schienen (16) und Schwellen (9) gebildeten Gleises mit einer Gleisstopfmaschine (2), gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- Voneinander unabhängiges Aufmessen der linken und rechten Schiene (16) eines Gleisabschnittes zur Ermittlung und Aufzeichnung der Höhen-Ist-Lage (F_{LI} , F_{RE}), der Gleisrichtung und der Gleisüberhöhung ($u(n)$) mittels einer inertialen Messeinheit (11) und einer Rechen- und Steuereinheit (18),
- Bestimmung des Start- (S) und Endpunktes (E) des zu behebenden Einzelfehlers der linken und rechten Schiene ($H(n)$) unter Berücksichtigung eines Grenzwertes der Einzelfehler (F_{LIM}) und einer maximalen Ausdehnung in Längsrichtung des Gleises (S_{max}),
- Wahl des Startpunktes (S) abhängig vom Verlauf des Einzelfehlers jener Schiene die näher liegt und Wahl des Endpunktes (E) abhängig vom Verlauf des Einzelfehlers jener Schiene der in Längsrichtung am fernsten liegt,
- Festlegen einer Höhenreferenzlinie für die linke (REF_{LI}) und rechte Schiene (REF_{RE}) unter Berücksichtigung der Überhöhung,
- Positionieren der Stopfaggregate (7) einer Stopfmaschine (2) genau am Startpunkt (S) des Einzelfehlers ($H(n)$) des ermittelten Gleiskorrekturabschnittes (TAMP), wobei beide Schienenstränge (F_{LI} , F_{RE}) gleichzeitig berichtigt werden und neben den Längshöheneinzelfehlern auch die Gleisrichtung korrigiert wird und wobei die Stopfung am Endpunkt (E) beendet wird.

2. Verfahren nach dem Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass nach der Messfahrt Probestopfungen im Bereich der maximal auftretenden Fehler zur Bestimmung der Bettungshärte durchgeführt werden und auf Basis der Bettungshärte (H, W, N) zur besseren Haltbarkeit der Gleislageberichtigung das Geis unter Berücksichtigung der zu erwartenden Setzung (S) überhoben (H') wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, dass abhängig von der durch Probestopfungen ermittelten Bettungshärte (H, W, N) und der Hebekorrekturhöhe (H(n)) das Gleis durch die Stopfmaschine (2) in den Betriebsarten: Einfach-, Mehrfachstopfung, automatische optimierte Stopfung oder Hochdruckstopfen angesteuert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, dass abhängig von der durch Probestopfungen ermittelten Bettungshärte (H, W, N) mittels einer Schottertauschmaschine verschlissener und abgenutzter Schotter ersetzt und anschließend eine neuerliche Messfahrt mit nachfolgender Einzelfehlerberichtigung erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet dadurch, dass der Startpunkt (S) der Stopfung einen Bereich (N) vor dem eigentlichen Einzelfehler (H(n)) liegt und der Endpunkt einen Bereich (M) nach dem eigentlichen Ende des Einzelfehlers (H(n)) liegt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet dadurch, dass die Hebung vom Startpunkt (S) weg über eine Rampe (R) aufgebaut und zum Ende (E) über eine Rampe (R) abgebaut wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, dass nach der Festlegung der Höhenreferenzlinien (REF_{LI}, REF_{RE}) für die beiden Schienen (16), die zu erwartende Verwindung mit der gewählten Basislänge (B) der beiden Schienen (16) zueinander nach der Formel $V = [u(n) + h(n)] - [u(n + B) + h(n + B)]$ berechnet und auf Einhaltung der maximal zulässigen Verwindung geprüft und die Höhenreferenzlinien (REF_{LI}, REF_{RE}) bei Überschreitung des Grenzwertes so abgeändert werden, dass die maximal zulässige Verwindung nicht überschritten wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, dass unmittelbar nach der Einzelfehlerbehebung das Gleis mit einem dynamischen Gleisstabilisator bearbeitet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet dadurch, dass bei jeder Stopfung an jeder Schwelle (9) die Bettungshärte (H, W, N) ermittelt und als Qualitätsnachweis und zur Vorhersage der Haltbarkeit der Einzelfehlerberichtigung aufgezeichnet und abgespeichert wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet dadurch, dass die jeweilige Position des Stopfaggregates (7, n) relativ zum Gleis (16) auf einem Monitor (18) angezeigt wird.

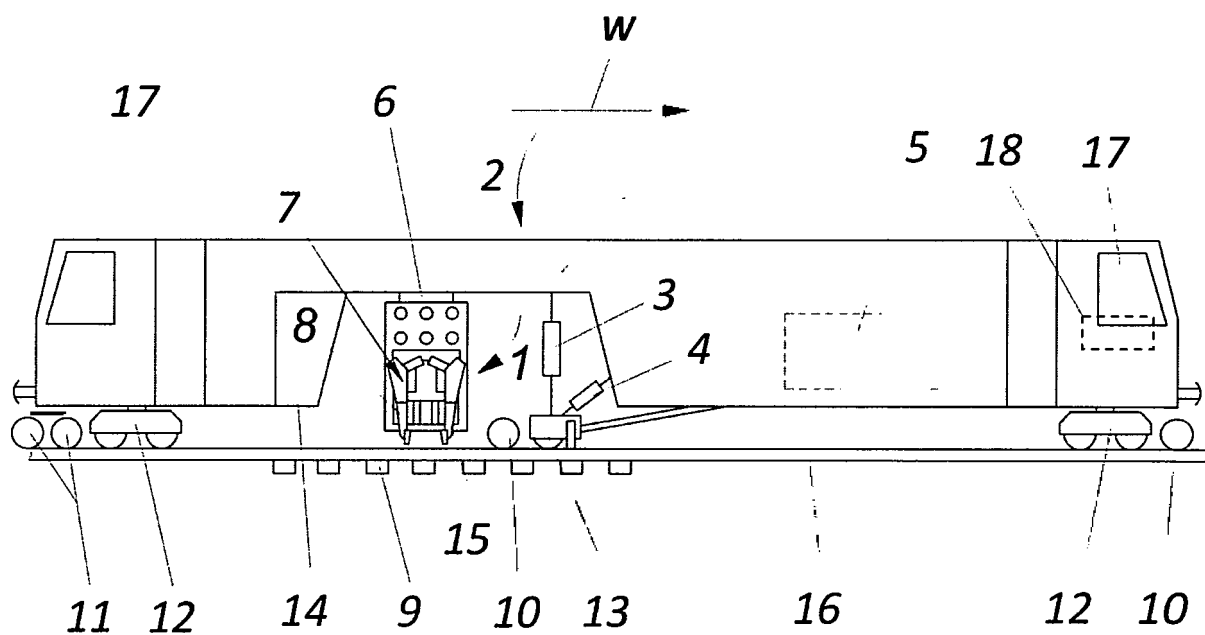


Fig. 1

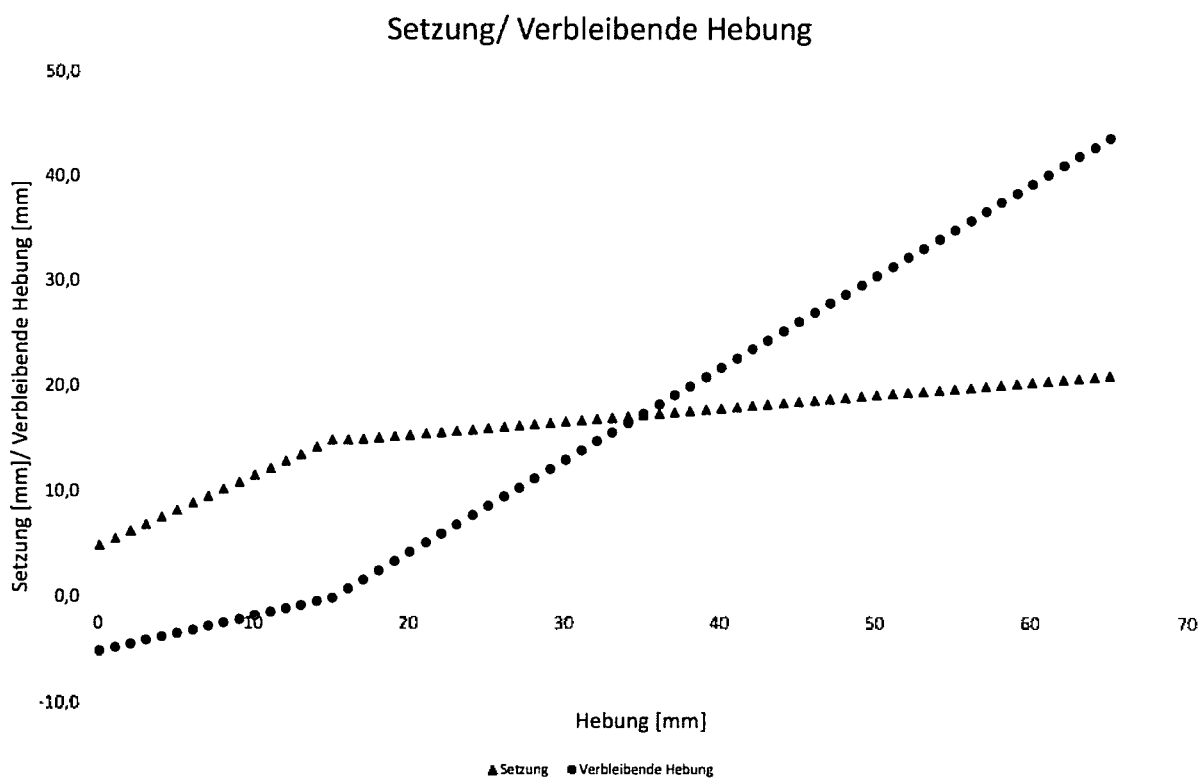


Fig. 4

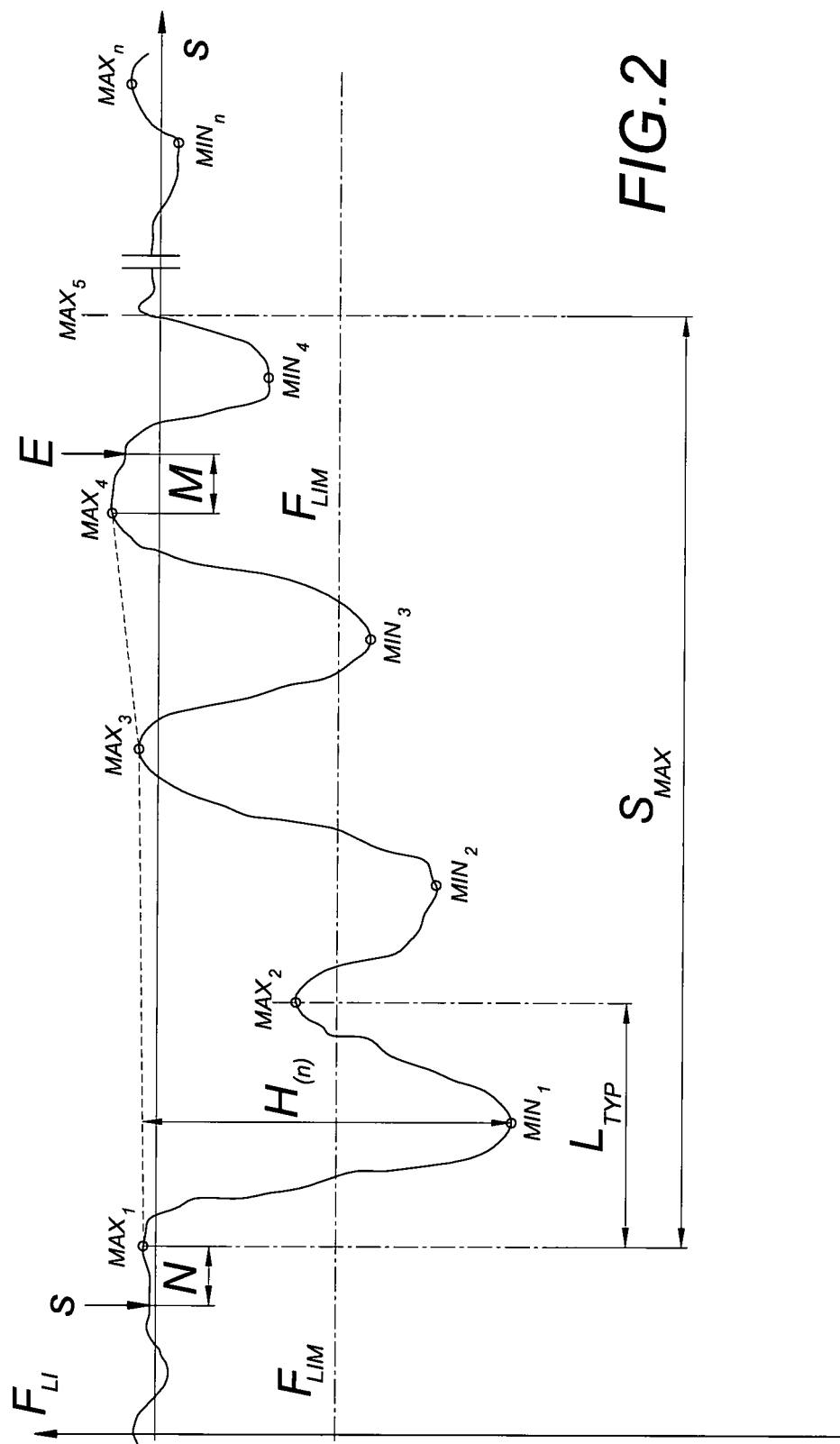


FIG.2

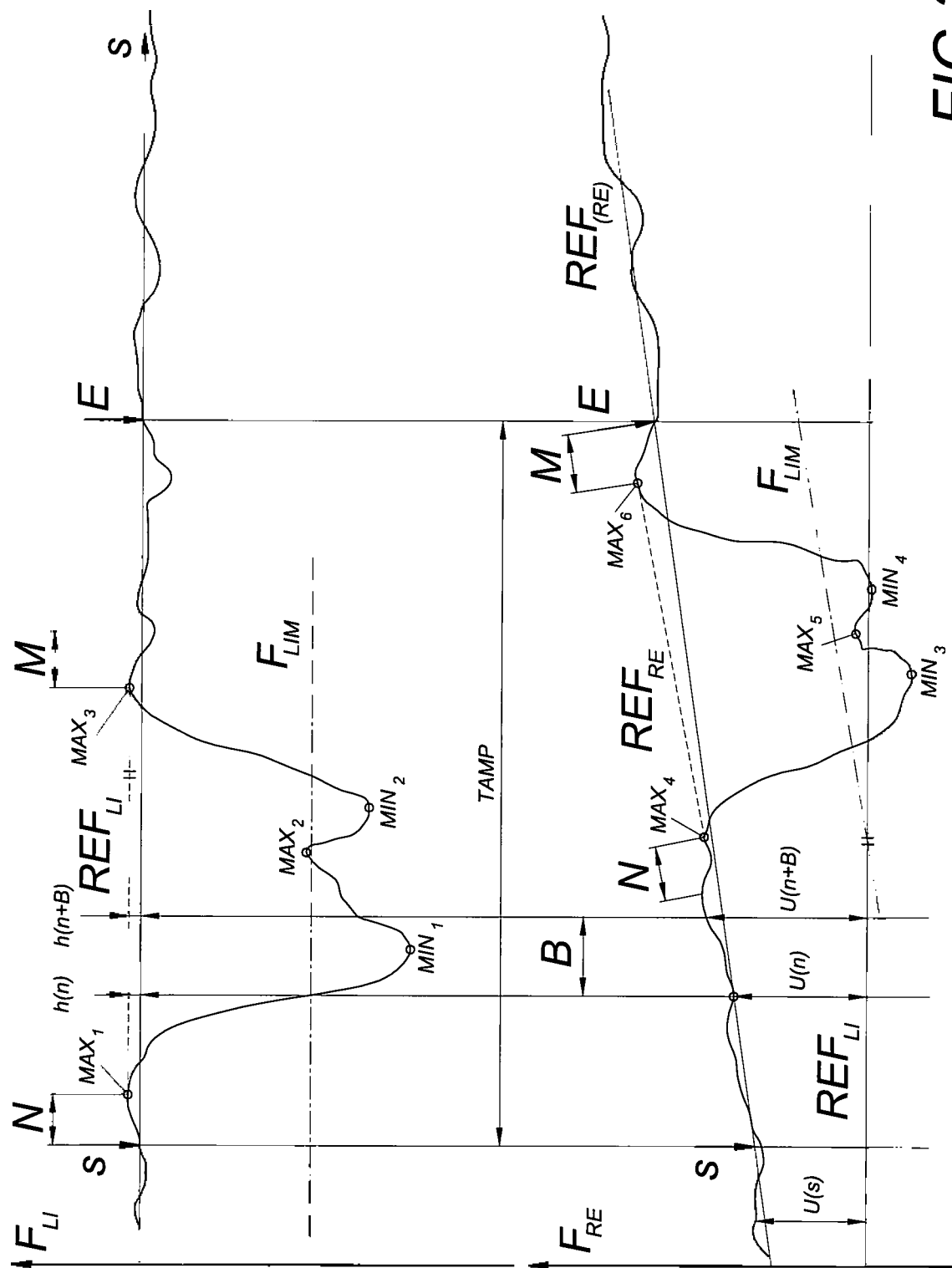


FIG.3

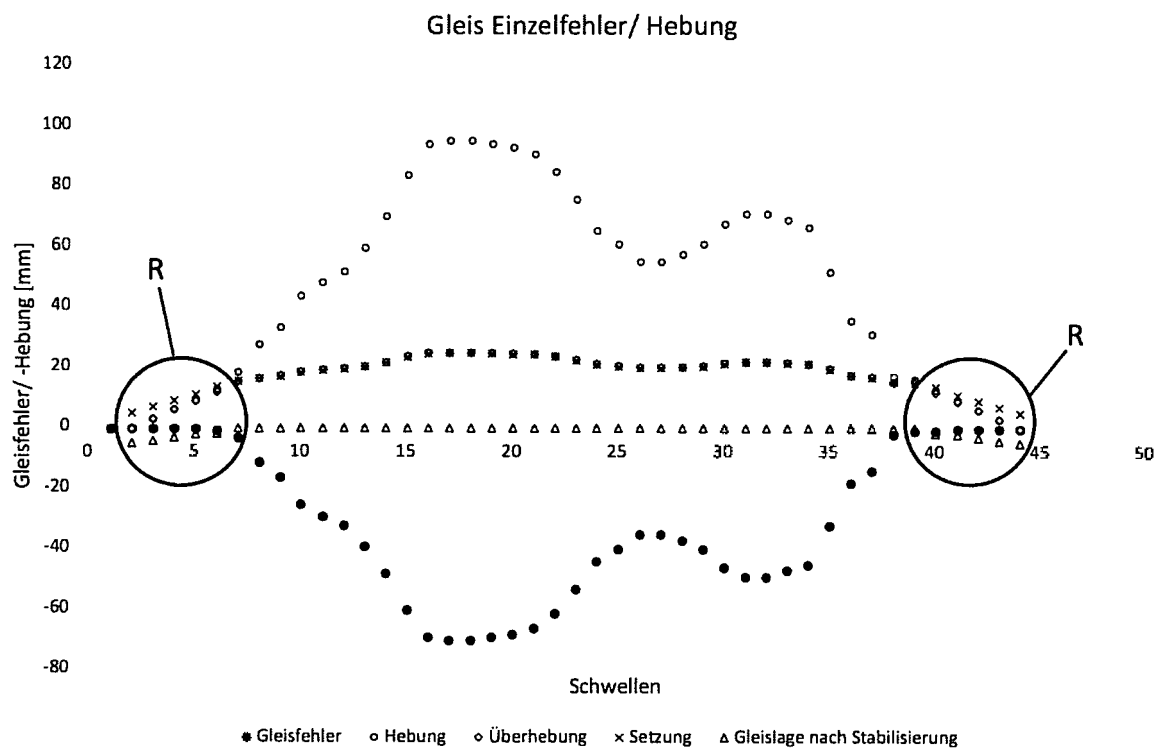


Fig. 5

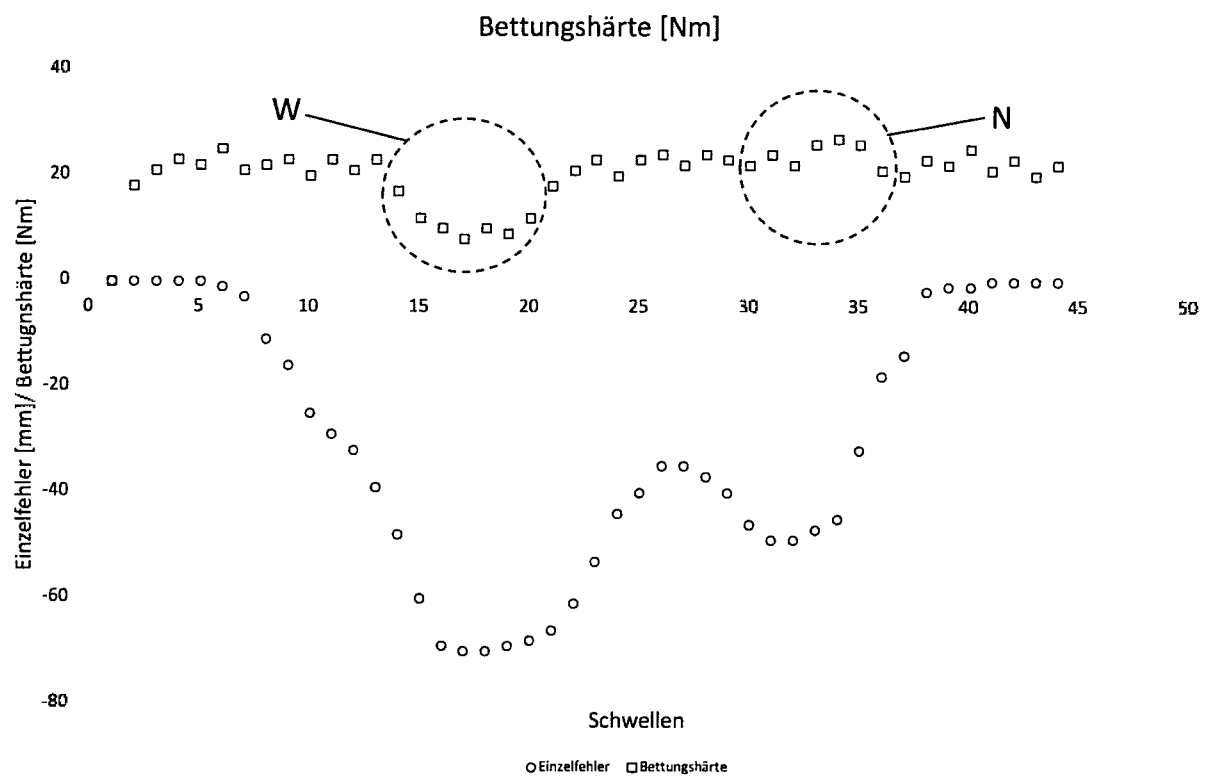


Fig. 6