

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 002 985**

51 Int. Cl.:

B61L 23/04 (2006.01)

B61L 25/02 (2006.01)

B61K 9/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.08.2021 PCT/EP2021/073315**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.03.2022 WO22058127**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.08.2021 E 21769901 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2024 EP 4214103**

54 Título: **Método y sistema para la determinación de un perfil teórico de una vía para la corrección de su posición**

30 Prioridad:

16.09.2020 AT 507822020

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

10.03.2025

73 Titular/es:

**PLASSER & THEURER EXPORT VON
BAHNBAUMASCHINEN GESELLSCHAFT M.B.H.
(100.00%)**

**Johannesgasse 3
1010 Wien, AT**

72 Inventor/es:

**AUER, FLORIAN;
BERGHUBER, MICHAEL;
HINTERBERGER, FABIAN;
METZGER, BERNHARD y
WILCZEK, KRZYSZTOF**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 3 002 985 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y sistema para la determinación de un perfil teórico de una vía para la corrección de su posición

Campo técnico

5 [0001] La invención se refiere a un método para la determinación de una geometría teórica de una vía con el fin de corregir su posición, en el que, en primer lugar, se registra la geometría real de la vía a lo largo de un determinado tramo mediante un sistema de medición y en el que, a continuación, se realiza un cálculo de compensación mediante una unidad de cálculo para así calcular la geometría teórica sobre la base de la geometría real. La invención se refiere, asimismo, a un sistema para ejecutar el método.

Estado de la técnica

10 En una vía sobre balasto, la posición del emparrillado de vía colocado sobre un lecho de balasto se ve afectada por las circulaciones y los efectos meteorológicos. Por ello, para la comprobación de la geometría actual de una vía (el trazado de la vía) y, en particular, antes de la realización de trabajos de conservación y/o mantenimiento, se llevan a cabo mediciones regulares mediante un vehículo de auscultación especialmente previsto para este fin. También se puede utilizar una máquina bateadora con el equipamiento correspondiente como vehículo de auscultación. Por regla
15 general, la geometría de la vía está definida por su posición horizontal (alineación) y su posición vertical (inclinación de la vía). A efectos de establecer una geometría de vía absoluta se requiere, además, la posición con respecto a un sistema de referencia externo.

20 Los métodos de medición conocidos utilizan puntos de referencia externos situados al lado de la vía, que están montados en instalaciones fijas, como postes eléctricos. Dichos puntos de referencia externos pueden consistir en piquetes u otros objetos de marcaje. También se pueden utilizar sistemas topográficos o sistemas GNSS para el establecimiento de puntos de referencia externos. La posición prevista de cada punto de referencia externo con respecto a la vía está documentada en directorios. De este modo, queda definida con exactitud la geometría de vía absoluta en líneas ferroviarias principales (=geometría de diseño de la vía).

25 Además, es posible establecer una geometría teórica de vía mediante referencias internas. Esto implica que el trazado se especifica a través de una secuencia de elementos de trazado en función de su longitud y tamaño. En rectas, basta con especificar la longitud. Las curvas de transición y las curvas circulares, respectivamente, se establecen a través de la especificación de una longitud y de una magnitud de curvatura. Los así denominados puntos principales de la vía indican un cambio entre los diferentes elementos del trazado, en particular, en las curvas circulares y de transición, así como en los acuerdos verticales.

30 Por tanto, la posición horizontal de la vía se compone de la curvatura de la vía, en forma de secuencia de tramos rectos, curvas de transición y curvas circulares. La posición vertical de la vía se determina especificando la inclinación, así como los acuerdos verticales, incluido el radio de los acuerdos. El peralte de la vía está definido por la secuencia de peraltes, incluidas las rampas de peralte. Para establecer la geometría de vía, se armonizan entre sí el peralte y la alineación de la vía de acuerdo con las normas de trazado (p.ej. EN 13803).

35 El restablecimiento de una posición de vía deseada de alta calidad se puede lograr con el denominado método de precisión. En este método, la geometría de vía absoluta y exacta (geometría de diseño) es conocida por medio de una secuencia de elementos de trazado definidos y por la posición geodésica de los puntos principales de la vía. Antes de ejecutar un proceso de mantenimiento, se mide la geometría de vía existente y la posición de la vía con respecto a puntos de referencia definidos (puntos fijos). El resultado de la medición es comparado con la geometría de diseño y,
40 a partir de las diferencias halladas, se determinan los valores de levante y de ripado para corregir la posición de la vía. Este método es muy preciso y apto para líneas de alta velocidad, que exigen un mantenimiento optimizado. Los parámetros geométricos tienen que ser procesados conforme a la seguridad de procesos y se debe realizar periódicamente una medición de control de los puntos de referencia geodésicos.

45 Por razones de coste, en líneas con menores exigencias se utiliza el denominado método de compensación. Este método se puede aplicar sin disponer de una geometría de diseño de la vía conocida. Se puede recurrir, por ejemplo, a un sistema de medición de una máquina bateadora en el que unas cuerdas de medición (cuerdas móviles), que sirven de sistema de referencia, se encuentran tensadas entre carros de medición que se desplazan sobre la vía. Diversas realizaciones de este principio de medición con cuerdas móviles se pueden encontrar, por ejemplo, en DE 10 2008 062 143 B3 o DE 103 37 976 A1. Según este principio, los errores de posición existentes en la vía se reducen
50 en función de la relación que existe entre la luz de las cuerdas de medición y la distancia longitudinal de los carros de medición. En el método de 4 puntos, la geometría de vía relativa existente se registra mediante una cuerda de medición adicional. Una máquina correspondiente y un método se exponen en AT 520 795 A1.

5 En un método de compensación con medición preliminar de la vía, la geometría real relativa existente de la vía se mide mediante un recorrido previo de la máquina bateadora de vía o de un vehículo de auscultación. A tal efecto, en los vehículos de auscultación ferroviarios modernos se utiliza una así llamada unidad de medición inercial (Inertial Measurement Unit, IMU). Un sistema de medición inercial se describe en la revista especializada *Eisenbahningenieur* (52) 9/2001 en las páginas 6 a 9. También DE 10 2008 062 143 B3 describe un principio de medición inercial para el registro de una posición de vía. Sobre la base de esta medición se lleva a cabo un cálculo de compensación, en el que se calcula la geometría teórica antes desconocida, partiendo de la geometría real. Un método parecido se describe en el documento EP 3 358 079 A1.

10 Por regla general, la geometría real de la vía se registra en forma de un perfil de flechas y de la nivelación longitudinal, así como en forma de una secuencia de valores de peralte. A partir de este registro, una unidad de cálculo calcula una compensación electrónica de flechas, que tiene en cuenta una clase de velocidad de la vía previamente definida y unos límites máximos especificados para los valores de ripado y de levante. En este cálculo se alisan las flechas medidas con el fin de obtener un perfil lo más idóneo posible en las condiciones dadas. La ubicación de los puntos de transición entre los elementos de trazado (puntos principales de la vía) de determina durante el cálculo de
15 compensación.

En un paso siguiente, a partir de las flechas y por medio de un filtro digital, se calculan los desplazamientos y levantes resultantes, por los que se tiene que corregir la vía para poder alcanzar el perfil de flechas calculado. Los resultados de estos cálculos subsiguientes son los valores de levante y ripado (valores de corrección) para corregir la posición de la vía con la máquina bateadora.

20 La utilización reiterada del método de compensación tiene el inconveniente de que los puntos principales de la vía se van alejando de sus posiciones originales (con respecto a una geometría de diseño definida originalmente). En consecuencia, el envejecimiento de una vía conduce a una creciente desviación con respecto a la geometría de diseño original, a pesar de correcciones mediante métodos de compensación.

25 Las variaciones menores en la posición de los puntos principales de la vía no suelen ser problemáticas. A menudo, el diseño del trazado admite un margen suficiente para determinar la posición de la vía. Las dificultades aparecen, no obstante, en los denominados puntos obligados o posiciones obligadas, como, por ejemplo, puentes, túneles o pasos a nivel. Allí no hay margen para un desplazamiento de la vía. Por eso, y según el estado de la técnica, lo habitual en estos puntos es ajustar los valores de ripado a cero para el cálculo de compensación.

Descripción de la invención

30 La invención tiene por objeto mejorar un método del tipo mencionado al inicio de tal forma que se consiga una mayor calidad en el perfil teórico especificado de la vía que con el método de compensación. Asimismo, también es objeto de la invención la indicación de un sistema correspondiente.

Según la invención, estos objetivos se alcanzan mediante un método conforme a la reivindicación 1 y un sistema conforme a la reivindicación 10. Las reivindicaciones dependientes indican realizaciones ventajosas de la invención.

35 Está previsto que a lo largo del tramo de vía se registren puntos de posición real de la vía mediante un sistema de registro de posición, que al menos un punto de posición real se especifique a la unidad de cálculo como punto obligado, y que el cálculo de compensación se lleve a cabo mediante la unidad de cálculo de forma que la geometría teórica se adapte a la geometría real como una secuencia de elementos geométricos de trazado y que pase a través del punto obligado especificado. La base para el cálculo es la geometría real (trayectoria relativa) de la vía. Los elementos del
40 trazado se filtran al esquema de ubicaciones medidas en la vía. Los puntos de posición real medidos (trazado de la posición de la vía) se tienen en cuenta como segunda base en el cálculo de compensación para los valores de levante y ripado. Cada punto de posición real está determinado mediante coordenadas en un sistema de referencia espacial. Se selecciona, por ejemplo, un sistema de coordenadas fijo, que tiene su origen en el punto de inicio de un recorrido de medición. Como es natural, también se pueden utilizar otros sistemas de coordenadas para la georreferenciación.

45 A diferencia del método de precisión, aquí no se establece ninguna relación con los puntos de referencia fijos externos y, por tanto, con la geometría de diseño. No se trata de una medición preliminar absoluta (topografiado) de la vía. Aunque cabe esperar una precisión menor en comparación con el método de precisión, el método según la invención se puede llevar a cabo con medios técnicos más sencillos de manera más eficiente y económica.

50 En comparación con el conocido método de compensación con medición preliminar, se logra un aumento significativo de la calidad. En puntos obligados, los valores de corrección no se ajustan simplemente a cero. Según la invención, la totalidad de la geometría teórica calculada es adaptada a al menos un punto obligado especificado, haciendo pasar una secuencia optimizada de elementos geométricos de trazado a través del punto obligado.

5 En un desarrollo posterior del método, se prevé detectar de forma automática y mediante un dispositivo de sensores un punto de vía de posición fija, y que el punto de posición real asignado a un punto de vía de posición fija, una vez detectado, se especifique como punto obligado mediante un dispositivo de marcaje. El dispositivo de sensores comprende, por ejemplo, sensores ópticos con reconocimiento de patrones para detectar las estructuras típicas de un paso a nivel o de un puente. Los puntos de vía de posición estructuralmente fija también se pueden etiquetar con marcas ópticas y otros marcadores pasivos o activos para permitir su detección automatizada mediante sensores.

10 En una variante más sencilla, un operario especifica de forma alternativa o complementaria un punto de posición real como punto obligado mediante un dispositivo de marcaje. Este operario se encuentra, por ejemplo, en un vehículo de auscultación para medir el tramo de vía. En cuanto el operario detecta el paso por un desvío curvo, un puente sin lecho de balasto o un paso a nivel con pavimento rígido, el punto de posición real registrado en ese momento se especifica como punto obligado. Sobre la base de grabaciones de imágenes con coordenadas asignadas, también es posible especificar un punto obligado a posteriori.

15 Una mejora ulterior prevé que los puntos de posición real se registren mediante un dispositivo receptor GNSS en forma de coordenadas GNSS. Los sistemas utilizados para ello son, en gran medida, a prueba de fallos y proporcionan resultados con precisión suficiente.

Aquí es útil realizar el registro de los puntos de posición real mediante un sistema GNSS diferencial para, en caso necesario, incrementar la precisión de los datos de posición.

20 En una realización ventajosa del método, la geometría real de la vía es registrada por medio de una unidad de medición inercial, con la que se especifica, en particular, un sello de tiempo como base temporal común para cada fecha de medición obtenido mediante la unidad de medición inercial. La unidad de medición inercial es muy robusta frente a interferencias externas y para la presente aplicación proporciona datos muy precisos para el registro de la geometría real de la vía. Para realizar una comparación con los datos del sistema de registro de posición, resulta útil que sea la unidad de medición inercial la que proporcione la base temporal para la sincronización de los datos.

25 En un desarrollo posterior de esta realización, un dispositivo de evaluación determina una trayectoria tridimensional partiendo de los datos de medición de la unidad de medición inercial, determinándose los valores de corrección para la corrección de la posición de la vía mediante una comparación con la geometría teórica. La trayectoria tridimensional y la geometría teórica están referenciadas a un sistema de coordenadas común, por lo que los valores de corrección se pueden determinar con poco esfuerzo de cálculo. La trayectoria tridimensional así determinada también es adecuada para la documentación descriptiva del estado de la vía antes de proceder a su corrección.

30 Además, es útil que se determine una trayectoria tridimensional propia tanto para el hilo de carril izquierdo como para el hilo de carril derecho de la vía. Esto facilita, en particular, el registro de errores de peralte o de errores aislados con diferentes asentamientos en los hilos de carril respectivos. El cálculo de la geometría teórica toma en consideración estas particularidades, compensando, por ejemplo, los errores aislados.

35 Otra realización ventajosa prevé que la unidad de medición inercial transmita los datos de medición no filtrados del tramo de vía registrado a un dispositivo de evaluación, que mediante un dispositivo de simulación se simule una medición inercial virtual del mismo tramo de vía con la geometría teórica para obtener datos de medición simulados asumiendo la geometría teórica, y que los valores de corrección para corregir la posición de la vía se determinen restando los datos de medición simulados de los datos de medición no filtrados procedentes de la unidad de medición inercial. Cuando se utiliza una unidad de medición inercial puede ocurrir, en particular al circular por curvas, que aparezcan artefactos en los datos de medición sin filtrar. Estos artefactos son el resultado de características específicas del método de medición inercial utilizado. Si ahora se aplica el mismo método de medición inercial a la geometría teórica de forma virtual, aparecen los mismos artefactos. Gracias a la subsiguiente resta de los datos de medición no filtrados a fin de determinar los valores de corrección, los artefactos se anulan mutuamente. Esto reduce la potencia de cálculo total necesaria, ya que desaparece el, a veces, complejo filtrado digital de los datos de medición.

45 En una mejora ulterior del método, se establece para el cálculo de compensación como punto obligado al menos uno de los puntos de posición real registrados, que no esté situado entre un punto de inicio y un punto final de un tramo de obras en el que está prevista una corrección de la posición. Con ello se asegura que la geometría teórica determinada en el tramo de obras actual favorezca también la calidad de futuras correcciones de la posición de la vía en los tramos limítrofes. Así se tiene en cuenta el mantenimiento de un tramo de vía que va más allá del tramo de obras actual.

55 Según la invención, para llevar a cabo uno de los métodos descritos anteriormente se prevé un sistema con un vehículo de auscultación para desplazarse sobre un tramo de vía, que cuenta con un sistema de medición para registrar la geometría real de una vía, así como con una unidad de cálculo para calcular una geometría teórica sobre la base de la geometría real, donde el vehículo de auscultación comprende un sistema de registro de posición para registrar puntos de posición real a lo largo del tramo de vía, donde un dispositivo de marcaje para la unidad de cálculo está

5 configurado para establecer al menos un punto de posición real como punto obligado y donde hay un algoritmo configurado en la unidad de cálculo que adapta la geometría teórica a la geometría real como una secuencia de elementos geométricos de trazado y la hace pasar a través de al menos un punto obligado. De esta forma, los componentes de los sistemas interactúan para registrar la geometría real y los puntos de posición real y derivar la geometría teórica para la corrección de la posición de la vía.

10 En un desarrollo ulterior del sistema, el vehículo de auscultación comprende un dispositivo de sensores para la detección automática de puntos de vía de posición fija, donde el dispositivo de sensores está acoplado con el dispositivo de marcaje para así establecer como punto obligado el punto de posición real asignado a dicho punto de vía de posición fija. El dispositivo de sensores comprende, por ejemplo, varios sensores acoplados de diferentes tipos para registrar y categorizar objetos físicos de la vía. Un método equivalente se describe en AT 518692 A1 de la misma solicitante. En cuanto un objeto es categorizado como punto de vía estructuralmente fijo (puente, paso a nivel, etc.), el dispositivo de marcaje establece el punto de posición real correspondiente como un punto obligado. De forma alternativa o complementaria, en este tipo de puntos de la vía se pueden colocar marcadores para sensores, sintonizados con un sensor dispuesto en el vehículo de auscultación.

15 Una variante más sencilla prevé que el dispositivo de marcaje comprenda una unidad de mando, que permite a un operario establecer como punto obligado un punto de posición real. La unidad de mando comprende, por ejemplo, un elemento de mando que, cuando se acciona, especifica como punto obligado el punto de posición real registrado en ese momento.

20 Ventajosamente, el sistema de registro de posición comprende un dispositivo receptor GNSS que está acoplado, en particular, con dispositivos de medición de posición para así determinar la posición del dispositivo receptor GNSS con respecto a la vía. Esto permite determinar de forma consistente y con la precisión suficiente los puntos de posición real dentro de un sistema de referencia geodésico.

25 Asimismo, es ventajoso si el sistema de medición comprende una unidad de medición inercial y, en particular, dispositivos de medición de posición para la determinación de la posición de la unidad de medición inercial con respecto a la vía. Estos sistemas de medición registran la geometría real sin contacto, lo que permite alcanzar altas velocidades durante los recorridos de medición. Dado que un dispositivo receptor GNSS también suministra resultados en tiempo real, el sistema en su conjunto alcanza una elevada velocidad de trabajo.

30 El sistema además se desarrolla mediante un dispositivo de evaluación, configurado para calcular los valores de corrección para corregir la posición de la vía, donde una unidad de control de una máquina bateadora está configurada para procesar los valores de corrección a efectos de colocar la vía de acuerdo a la geometría teórica especificada por medio de un grupo de levante y ripado controlado. Así, el sistema comprende todos los componentes para registrar una geometría real y, sobre esta base, ejecutar una corrección de la posición de la vía.

Breve descripción de los dibujos

35 A continuación, la invención se explica a modo de ejemplo con referencia a las figuras adjuntas. Las mismas muestran una representación esquemática de:

Fig. 1 Vehículo de auscultación sobre una vía

Fig. 2 Esquema de ubicaciones con tramo de obras y tramo de medición

Fig. 3 Diagrama de bloques para la determinación de valores de corrección

Fig. 4 Diagramas de un perfil de vía

40 Fig. 5 Diagramas de una vía en curva con curvas de transición y rectas

Fig. 6 Esquema de ubicaciones de un tramo de vía con la geometría real y teórica

Descripción de las realizaciones

45 La Fig. 1 muestra un vehículo de auscultación 1 con un bastidor del vehículo 2, sobre el que está montada una caja del vehículo 3. El vehículo de auscultación 1 es desplazable mediante trenes de rodadura para vía 4 sobre una vía 5. Para una mejor visualización, el bastidor del vehículo 2 y la caja del vehículo 3 se representan separados de los trenes de rodadura para vía 4. El vehículo 1 también puede consistir en una máquina de construcción de vía, en particular, una máquina bateadora. En este caso, solo hace falta una única máquina para la medición y la corrección de la vía 5.

Los trenes de rodadura para vía 4 son preferentemente de tipo bogie. Un bastidor de medición 6 está unido a los ejes de las ruedas del bogie, de modo que los movimientos de las ruedas se transmiten al bastidor de medición 6 sin efecto de resorte. Así, solo se producen movimientos laterales y/o pendulares del bastidor de medición 6 con respecto a la vía 5. Estos movimientos son registrados mediante dispositivos de medición de posición 7 dispuestos en el marco de medición 6. Estos pueden ser, por ejemplo, sensores de sección de luz láser.

Los dispositivos de medición de posición 7 son componentes de un sistema de medición 8, que está montado sobre el bastidor de medición 6 y que comprende una unidad de medición inercial 9. Con la unidad de medición inercial 9, durante un recorrido de medición se registran los datos de medición de una trayectoria 10, compensándose los movimientos relativos de la unidad de medición inercial 9 con respecto a la vía 5 por medio de los datos de los dispositivos de medición de posición 7. De esta forma se realiza el registro de una geometría real I de la vía 5. Mediante los datos de medición de los dispositivos de medición de posición 7, también se pueden transformar los datos de medición de la unidad de medición inercial 9 para el hilo de carril respectivo 11 de la vía 5. El resultado es una trayectoria 10 para cada hilo de carril 11.

El vehículo de auscultación 1 comprende, asimismo, un sistema de registro de posición 12, con el que se puede registrar la posición actual del vehículo de auscultación 1. Dado que la posición del vehículo de auscultación 1 con respecto a la vía 5 es conocida, también se puede determinar la posición del punto de la vía sobre el que se encuentra actualmente. El sistema de registro de posición 12 comprende, por ejemplo, un dispositivo receptor GNSS que está unido rígidamente mediante la viga 13 al bastidor del vehículo 2. Este dispositivo receptor GNSS comprende varias antenas GNSS 14 orientadas unas en relación con las otras a fin de registrar las posiciones GNSS exactas del vehículo de auscultación 1. Para registrar los movimientos pendulares del bastidor del vehículo 2 con respecto a la vía 5, en el bastidor del vehículo 2 hay dispuestos otros dispositivos de medición de posición 7. También aquí se utilizan, por ejemplo, sensores de sección de luz láser. Para una realización sencilla de la invención, basta con una única antena GNSS 14. De este modo se registran continuamente puntos de posición real 15 de la vía 5 o de un eje de la vía 16.

Un dispositivo de detección de posición 12 alternativo no representado comprende un sistema de medición por radio para la localización en tiempo real. Para ello, en el vehículo de auscultación 1 hay montados varios módulos emisores. Unas estaciones de referencia situadas al lado de la línea ferroviaria comprenden transpondedores. Mediante una medición continua de la distancia entre los módulos emisores y los transpondedores se puede determinar la posición del vehículo de auscultación 1 y, con ello, la posición del punto de la vía sobre el cual se desplaza actualmente con respecto a las estaciones de referencia. Las estaciones de referencia sirven únicamente para determinar la posición, sin referencia a la geometría de diseño original de la vía 5.

Además, el vehículo de auscultación 1 comprende un dispositivo de sensores 17 para la detección automática de un punto de vía de posición estructuralmente fija 18, 19 (Fig. 2). Ventajosamente, el dispositivo de sensores 17 comprende varios sensores 20, 21, 22, cuyos datos se evalúan conjuntamente. Se utilizan, por ejemplo, una cámara de vídeo 20, un escáner láser rotativo 21 y una cámara infrarroja con iluminación por infrarrojos 22. El dispositivo de sensores 17 está acoplado con un dispositivo de marcaje 23 para establecer como punto obligado 24 un punto de posición real 15 asignado a un punto de vía de posición fija 18, 19. A modo de alternativa al dispositivo de sensores 17 o como complemento, el dispositivo de marcaje 23 puede comprender una unidad de mando 25. Esta unidad de mando 25 permite a un operario establecer como punto obligado 24 un punto de posición real 15.

En la Fig. 2 se representa una vía 5, sobre la que se desplaza el vehículo de auscultación 1. Un borde de puntos y rayas señala la longitud de un tramo de vía 26, en el que se registran la geometría real I y los puntos de posición real 15 de la vía 5. Un borde de rayas señala la longitud de un tramo de obras 27, en el que más tarde se corregirá la vía 5. El tramo de obras 27 es más corto que el tramo de vía medido 26 y está limitado por un punto de inicio 28 y un punto final 29.

En el tramo de vía 26 representado se encuentran dos puntos de vía 18, 19, de posición estructuralmente fija. Se trata, a modo de ejemplo, de un paso a nivel 18 con pavimento rígido y un puente 19 sin lecho de balasto. El puente 19 está situado fuera del tramo de obras 27. Durante un recorrido de medición, los puntos de posición real 15 asignados a estos puntos de la vía 18, 19, se establecen como puntos obligados 24.

En el ejemplo mostrado, para la georreferenciación de los resultados de la medición se utiliza un sistema de coordenadas XYZ fijo, que tiene su origen en el punto de inicio del recorrido de medición. El eje X señala en dirección norte, el eje Y, en dirección este y el eje Z, hacia abajo. Durante el recorrido de medición se registra también una distancia s que, junto a un sello temporal, puede servir para la sincronización de los resultados de medición de los diferentes sistemas 8, 12, 17.

A lo largo del tramo de vía 26 se encuentran los puntos principales de la vía 30. Estos puntos principales de la vía 30 marcan cada uno un límite entre una recta 31 y una curva de transición 32, así como entre una curva de transición 32 y una curva circular 33. Una recta 31, una curva de transición 32 y una curva circular 33 (curva completa) conforman aquí los elementos geométricos de trazado.

El diagrama de bloques en la Fig. 3 visualiza los diferentes pasos del método. Primero se lleva a cabo una medición preliminar 34, mediante la que se registran la posición real relativa I y la posición GNSS P de la vía 5. Como resultado se obtienen los datos de medición de la unidad de medición inercial 9 y los datos de las coordenadas para los puntos de posición real 15.

5 A continuación, se realiza un cálculo de compensación 35 mediante un algoritmo de optimización configurado en la unidad de cálculo 36. En concreto, la optimización de la posición de la vía 37 se lleva a cabo creando una geometría de vía a partir de la geometría real I a través de la alineación de los elementos geométricos de trazado 31, 32, 33 con el fin de eliminar los errores en la posición de la vía. Este proceso de optimización 37 ocurre en función de una optimización de la posición de la vía 38, alineándose y dimensionándose los elementos de trazado 31, 32, 33 de tal manera, que la geometría teórica S resultante de la vía 5 pase a través de los puntos obligados 24 especificados.

10 Las condiciones marco para estos procesos de optimización 37, 38 son los puntos de conexión en los límites del tramo de obras 27. Más específicamente, la geometría teórica S tiene que pasar a través del punto de inicio 28 y del punto final 29 de la obra. Además, en estos puntos 28, 29, la geometría teórica S tiene que discurrir tangencialmente a la vía 5 no trabajada. Se recurre, por ejemplo, a un algoritmo de optimización, que tiene como función optimizar las desviaciones entre la geometría teórica S y la geometría real I , teniendo en cuenta las condiciones marco (método de los mínimos cuadrados).

15 Con la geometría real S definida de este modo, en el siguiente paso se realiza un cálculo de valores de corrección 39. En una primera variante, esto se hace por medio de la trayectoria tridimensional 10, que se deriva de los datos de medición de la unidad de medición inercial 9. La geometría real I de la vía 5 resulta directamente de las coordenadas de la trayectoria 10, por lo que los valores de corrección se pueden determinar directamente mediante una comparación con la geometría teórica S . Por regla general, son valores de desplazamiento (valores de ripado) y valores de levante para el desplazamiento lateral y el levante del emparillado de la vía. Preferiblemente se especifican valores de corrección propios para cada hilo de carril 11, por ejemplo, para compensar errores aislados o ajustar peraltes. La determinación de los valores de corrección se realiza mediante un dispositivo de evaluación 40 al que se transmiten los valores de la geometría real I y de la geometría teórica S de la vía 5.

20 En una segunda variante se utilizan los datos de medición no filtrados de la unidad de medición inercial 9. Esto hace innecesaria la determinación de las coordenadas de la trayectoria 10 para el cálculo de los datos de corrección 39. En su lugar se produce un proceso de simulación en un dispositivo de evaluación 38, en el que se simula una medición inercial. Partiendo de la medición real del tramo de vía 26 con la unidad de medición inercial 9 real, se lleva a cabo una medición virtual del mismo tramo de vía 26 con la geometría teórica S calculada. Para ello se utiliza una unidad de medición inercial virtual. La unidad de medición real y la virtual emplean el mismo método de medición inercial. Los artefactos relacionados con el método aparecen tanto en la medición real como en la virtual. Mediante la resta de los datos de medición obtenidos de la geometría real I y de la geometría teórica S , estos artefactos se anulan. Como resultado se obtienen los valores de corrección para el tramo de vía 26 correspondiente.

30 Los valores de corrección se transmiten a una unidad de control de un grupo de levante y ripado de una máquina bateadora. Esta última puede estar concebida para funcionar también como el vehículo de auscultación 1 descrito aquí. Para corregir la geometría de la vía, la máquina bateadora se desplaza sobre la vía 5 una vez realizada la medición preliminar. En función de los valores de corrección transmitidos, el grupo de levante y ripado coloca el emparillado de vía en la posición deseada, donde se fija mediante un grupo de bateo. Para comprobar la posición de la vía se utiliza un sistema de medición de cuerdas instalado en la máquina bateadora. Ventajosamente, un así denominado ordenador de geometría de vía (denominado también ordenador de optimización de geometría de vía ALC) en la máquina bateadora comprende la unidad de cálculo 36 y el dispositivo de evaluación 40. El ordenador de optimización sirve aquí de unidad central para la determinación de los valores de corrección y para el control y mando de la máquina bateadora.

40 La Fig. 4 muestra en los dos diagramas superiores un diagrama de curvaturas (representación de curvaturas) y un diagrama de peraltes (representación de peraltes). En la abscisa está reflejada la distancia s correspondiente. La ordenada del diagrama de curvaturas muestra la curvatura γ o la alineación r actuales sobre la distancia s . La ordenada del diagrama de peraltes muestra el peralte γ o la altura h sobre la distancia s .

45 Debajo, se muestran en un sistema de coordenadas fijo XYZ el esquema de ubicaciones correspondiente al tramo de vía 26 con las coordenadas X y coordenadas Y . El tramo de vía representado comienza con una recta 31, que después pasa a una curva de transición 32 de curvatura creciente, hasta que la curvatura permanece constante en la curva circular 33 (curva completa) posterior.

50 En los diagramas y en el esquema de ubicaciones, la geometría real I está representada mediante una línea discontinua. Es evidente que no se puede determinar ninguna posición unívoca de los puntos principales de la vía 30 para la geometría teórica S . Se han representado dos variantes que llevan a curvas de transición 32 de diferentes longitudes y, con ello, a geometrías teóricas S diferentes. El método según la invención aprovecha este margen para lograr una secuencia optimizada de los elementos geométricos de trazado.

También en la Fig. 5 se representan un diagrama de curvaturas, un diagrama de peraltes y un esquema de ubicaciones. La línea continua correspondiente muestra la geometría teórica S que se determinó mediante el método según la invención. Como punto obligado 24 se especifica un punto de posición real 15, que está asignado a un punto de vía de posición fija 19 (p.ej. puente). Sobre la base de la geometría real I determinada y del punto obligado 24 especificado se adapta la geometría teórica S como una secuencia de elementos geométricos de trazado de la geometría real I, de forma que el punto obligado 24 esté situado sobre la línea de la geometría teórica S. De este modo se obtiene la posición correcta de los puntos principales de la vía 30 marcados. En el esquema de ubicaciones se indican con líneas de puntos dos ejemplos que muestran una posible geometría teórica según el método de compensación convencional. Aquí, los puntos principales de la vía 30 se desvían de la posición correcta dentro de un área de error sombreada 41. Incluso los errores pequeños pueden tener un gran impacto sobre el esquema de ubicaciones resultante.

En la Fig. 6 se expone que un punto obligado 24 especificado fuera del tramo de obras también influye positivamente en la geometría teórica S dentro del tramo de obras 27. Se representa un esquema de ubicaciones de un tramo de vía 26 en el que ha sido realizada una medición preliminar mediante el vehículo de auscultación 1. La geometría real I registrada está representada mediante una línea fina continua. Una línea de puntos muestra una posible geometría teórica según el método de compensación convencional. Aquí, la geometría real I simplemente se alisa. Se puede observar claramente, que no pasa por el punto obligado 24 marcado en un punto de vía de posición fija 18 (p.ej. paso a nivel).

En el método según la invención, las coordenadas del punto obligado 24 se incluyen en el cálculo de la geometría teórica S. Esto da lugar a la secuencia de elementos geométricos de trazado representada con una línea continua. Los puntos principales de la vía 30 vuelven a indicar los límites entre los elementos de trazado. En el ejemplo mostrado, la vía 5 corregida con el método de compensación convencional conectaría a través de una curva de transición 32 con la vía no trabajada.

En el método según la invención, la vía 5 discurre en este punto como una recta 31 más larga debido a la inclusión del punto obligado 24. El ángulo de conexión y las coordenadas de posición de la vía 5 en el punto final 29 de la obra continúan siendo los mismos. Con esto se asegura, que en caso de una corrección posterior del perfil de la vía conexa se obtenga un resultado óptimo. En la Fig. 6 se representan los perfiles de la vía 5 de forma muy exagerada para ilustrar con claridad el efecto descrito.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la determinación de una geometría teórica (S) de una vía (5) con el fin de corregir la posición de la vía (5), en el que, en primer lugar, se registra la geometría real (I) de la vía (5) a lo largo de un determinado tramo (26) mediante un sistema de medición (8) y en el que, a continuación, se realiza un cálculo de compensación mediante una unidad de cálculo (36) para así calcular la geometría teórica (S) sobre la base de la geometría real (I), caracterizado por que a lo largo del tramo de vía (26) se registran puntos de posición real (15) de la vía (5) mediante un sistema de registro de posición (13), por que se especifica al menos un punto de posición real (15) a la unidad de cálculo (36) como punto obligado (24) y que mediante la unidad de cálculo (36) se calcula la geometría teórica (S) de tal manera, que la geometría teórica (S) se adapte a la geometría real (I) como una secuencia de elementos geométricos de trazado (31, 32, 33) y que pase a través del punto obligado (24) especificado.
- 10 2. Método conforme a la reivindicación 1, caracterizado por que mediante un dispositivo de sensores (17) se detecta de forma automática un punto de vía de posición fija (18, 19) y que el punto de posición real (15) asignado a un punto de vía de posición fija (18, 19) se especifica como un punto obligado (24) mediante un dispositivo de marcaje (23).
- 15 3. Método conforme a la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que un punto de posición real (15) es especificado como punto obligado (24) por un operario mediante un dispositivo de marcaje (23).
4. Método conforme a una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que los puntos de posición real (15) se registran mediante un dispositivo receptor GNSS en forma de coordenadas GNSS.
5. Método conforme a la reivindicación 4, caracterizado por que el registro de los puntos de posición real (15) se realiza mediante un sistema GNSS diferencial.
- 20 6. Método conforme a una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la geometría real (I) de la vía (5) es registrada por medio de una unidad de medición inercial (9), y que se especifica, en particular, un sello de tiempo como base temporal común para cada fecha de medición obtenido mediante la unidad de medición inercial (9).
- 25 7. Método conforme a la reivindicación 6, caracterizado por que un dispositivo de evaluación (40) determina una trayectoria tridimensional (10) partiendo de los datos de medición de la unidad de medición inercial (9), determinándose los valores de corrección para la corrección de la posición de la vía (5) mediante una comparación con la geometría teórica (S).
- 30 8. Método conforme a la reivindicación 6, caracterizado por que la unidad de medición inercial (9) transmite los datos de medición no filtrados del tramo de vía (26) registrado a un dispositivo de evaluación (40), que mediante un dispositivo de simulación se simula una medición inercial virtual del mismo tramo de vía (26) con la geometría teórica (S) para obtener datos de medición simulados asumiendo la geometría teórica (S), y que los valores de corrección para corregir la posición de la vía (5) se determinan restando los datos de medición simulados de los datos de medición no filtrados procedentes de la unidad de medición inercial (9).
- 35 9. Método conforme a una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que para el cálculo de compensación (35) se establece como punto obligado (24) al menos un punto de posición real (15) registrado que no esté situado entre un punto de inicio (28) y un punto final (29) de un tramo de obras (27) en el que está prevista una corrección de la posición.
- 40 10. Sistema para ejecutar un método conforme a una de las reivindicaciones 1 a 9, con un vehículo de auscultación (1) para desplazarse sobre un tramo de vía (26), que cuenta con un sistema de medición (8) para registrar la geometría real (I) de una vía (5), así como con una unidad de cálculo (36) para calcular una geometría teórica (S) sobre la base de la geometría real (I), donde el vehículo de auscultación (1) comprende un sistema de registro de posición (12) para registrar puntos de posición real (15) a lo largo del tramo de vía (26), donde un dispositivo de marcaje (23) para la unidad de cálculo (36) está configurado para establecer al menos un punto de posición real (15) como punto obligado (24) y donde hay un algoritmo configurado en la unidad de cálculo (36) que adapta la geometría teórica (S) a la geometría real (I) como una secuencia de elementos geométricos de trazado (31, 32, 33) y la hace pasar a través de al menos un punto obligado (24).
- 45 11. Sistema conforme a la reivindicación 10, caracterizado por que el vehículo de auscultación (1) comprende un dispositivo de sensores (17) para la detección automática de un punto de vía de posición fija (18, 19), donde el dispositivo de sensores (17) está acoplado con el dispositivo de marcaje (23) para así establecer como punto obligado (24) el punto de posición real (15) asignado a dicho punto (18, 19) de la vía.
- 50 12. Sistema conforme a la reivindicación 10 u 11, caracterizado por que el dispositivo de marcaje (23) comprende una unidad de mando (25), que permite a un operario establecer como punto obligado (24) un punto de posición real (15).

13. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que el sistema de registro de posición (12) comprende un dispositivo receptor GNSS que está acoplado, en particular, con dispositivos de medición de posición (7) para determinar la posición del dispositivo receptor GNSS con respecto a la vía (5).
- 5 14. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado por que el sistema de medición (8) comprende una unidad de medición inercial (9) y, en particular, dispositivos de medición de posición (7) para la determinación de la posición de la unidad de medición inercial (9) con respecto a la vía (5).
- 10 15. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 14, caracterizado por que cuenta con un dispositivo de evaluación (40) configurado para calcular los valores de corrección para corregir la posición de la vía (5), donde una unidad de control de una máquina bateadora está configurada para procesar los valores de corrección a efectos de colocar la vía de acuerdo a la geometría teórica especificada por medio de un grupo de levante y ripado controlado.

Fig. 3

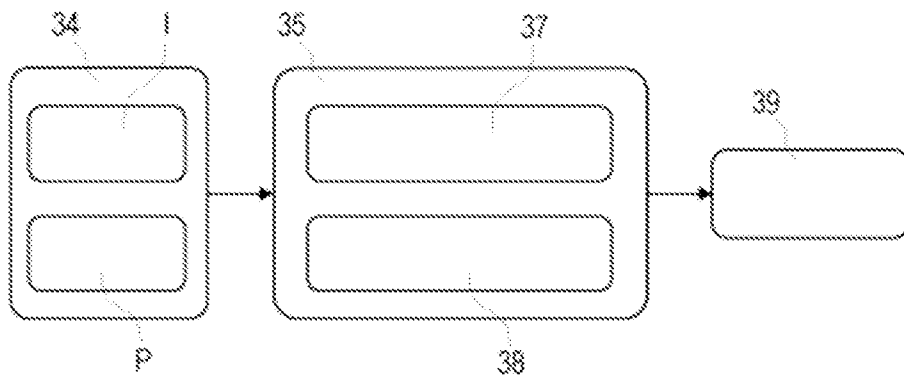


Fig. 4

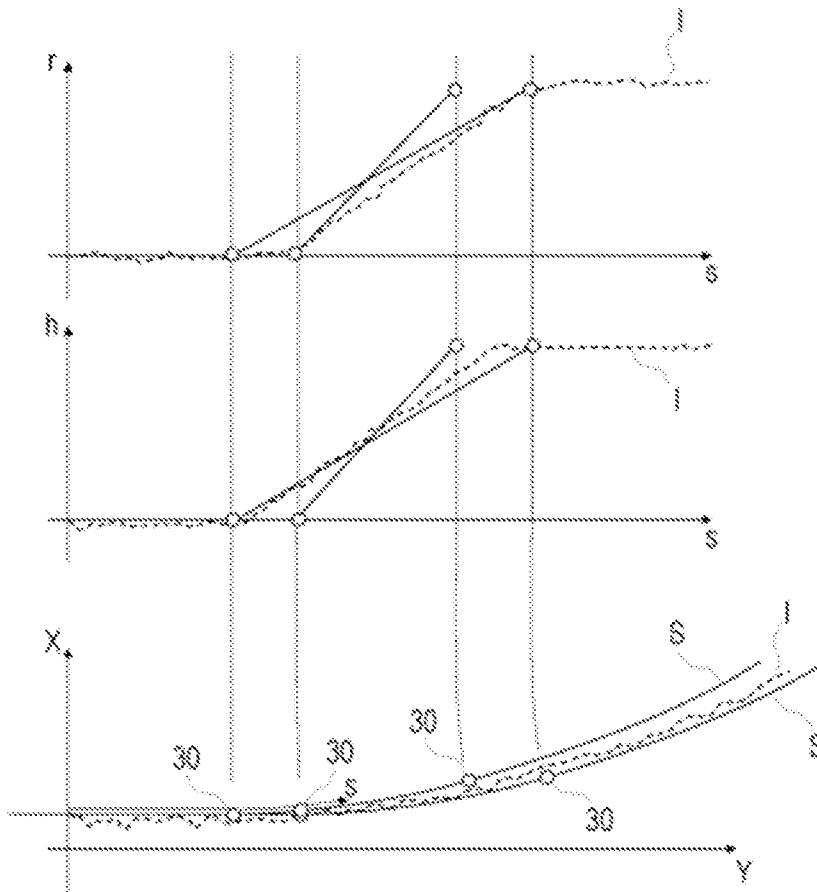


Fig. 5

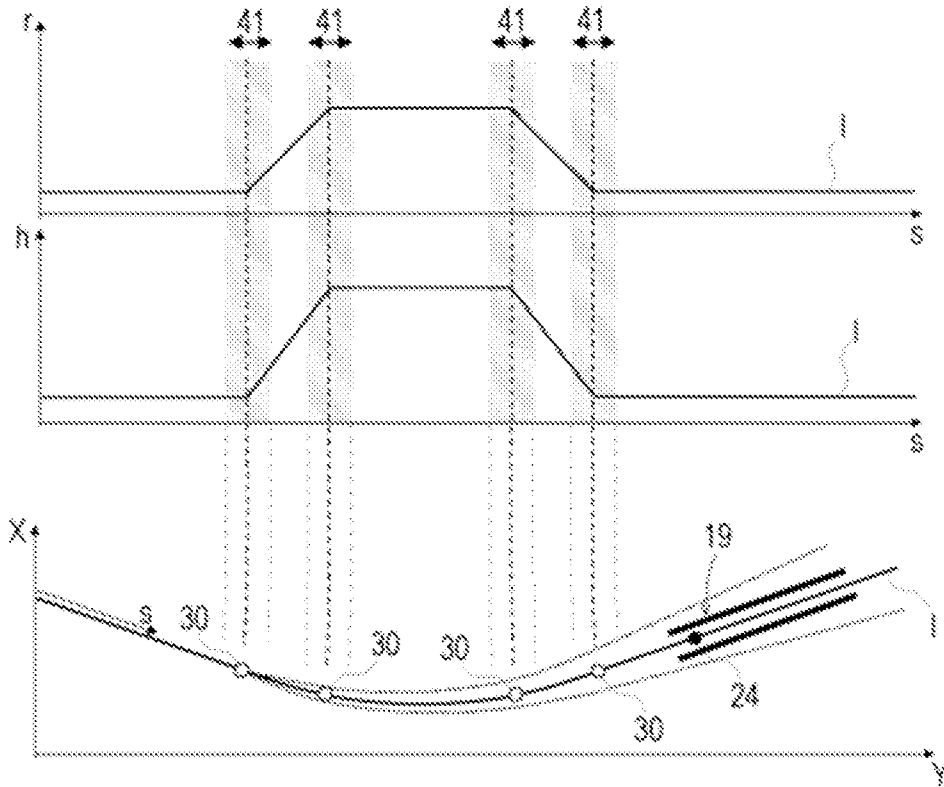


Fig. 6

