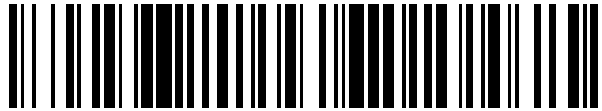


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 950 749**

51 Int. Cl.:

B61F 9/00 (2006.01)

B61L 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.10.2019 PCT/EP2019/079061**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2020 WO20089035**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2019 E 19801689 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2023 EP 3847074**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para detectar un estado de descarrilamiento de un vehículo ferroviario**

30 Prioridad:

31.10.2018 AT 509362018

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

13.10.2023

73 Titular/es:

**SIEMENS MOBILITY AUSTRIA GMBH (100.0%)
Siemensstraße 90
1210 Wien, AT**

72 Inventor/es:

**KITZMÜLLER, CHRISTIAN;
KOLLER, ANDREAS y
SIMON, JOHANNES**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 950 749 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

Procedimiento y dispositivo para detectar un estado de descarrilamiento de un vehículo ferroviario

5 La invención se refiere a un procedimiento para detectar un estado de descarrilamiento de un vehículo ferroviario, midiéndose al menos una magnitud cinemática mediante un primer sensor con respecto a una primera sección final de un juego de ruedas y mediante un segundo sensor con respecto a una segunda sección final de un juego de ruedas, formándose, procesándose, así como evaluándose señales de medición correspondientes.

10 Los vehículos ferroviarios deben tener un alto nivel de seguridad en la conducción. Por lo tanto, es importante una evaluación y predicción precisas de estados técnicos de los vehículos, chasis y otros componentes del vehículo. En particular, los descarrilamientos del vehículo ferroviario pueden causar graves daños a las personas y al medio ambiente, así como al propio vehículo ferroviario, por lo que es importante detectar con precisión y a tiempo un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario. Por ejemplo, según GoA 4 (Grado de Automatización, Nivel 4) de acuerdo con CEI (Comisión Electrotécnica Internacional, en inglés: (International Electrotechnical Commission)) 62267, están prescritos unos medios para la detección de un descarrilamiento.

15 Por el estado de la técnica se conoce, por ejemplo, el documento WO 2004/101343 A1, en el que se divulga un procedimiento, así como un dispositivo para detectar un descarrilamiento de ruedas de vehículos ferroviarios. A partir de señales de medición de un sensor de aceleración que está previsto en un rodamiento del juego de ruedas de un vehículo ferroviario se determinan mediante integración las velocidades de caída de las ruedas del vehículo ferroviario y se detecta un descarrilamiento cuando la velocidad de caída rebasa un valor límite definido. Además, está prevista una detección de un descarrilamiento también con ayuda de una evolución de la velocidad de caída. En su forma conocida, este enfoque presenta la desventaja de resultados de detección inexactos.

20 Además, el documento DE 199 53 677 C1 muestra un procedimiento y un dispositivo para detectar un descarrilamiento en un vehículo ferroviario, detectándose mediante un sensor de aceleración que está dispuesto en un componente unido a una caja del rodamiento del juego de ruedas de un chasis del vehículo ferroviario aceleraciones verticales y/o transversales con respecto a una dirección de marcha. Las aceleraciones se comparan con valores límite, detectándose un descarrilamiento cuando se rebasa un valor límite.

25 Por lo tanto, la invención está basada en el objetivo de indicar un procedimiento perfeccionado en comparación con el estado de la técnica que permita una detección más segura o más fiable de los estados de descarrilamiento de un vehículo ferroviario.

30 De acuerdo con la invención, este objetivo se consigue con un procedimiento del tipo mencionado al principio, en el que, mediante al menos una unidad aritmética lógica, se forman a partir de las señales de medición valores de una primera velocidad de caída con respecto a la primera sección final del juego de ruedas y valores de una segunda velocidad de caída con respecto a la segunda sección final del juego de ruedas y se detecta mediante un primer proceso de comparación de la primera velocidad de caída y la segunda velocidad de caída con un primer valor límite de la velocidad de caída y un segundo valor límite de la velocidad de caída, cuyo valor es mayor que el primer valor límite de la velocidad de caída un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario, al menos cuando el valor de la primera velocidad de caída es igual o mayor que el primer valor límite de la velocidad de caída y el valor de la segunda velocidad de caída es igual o mayor que el segundo valor límite de la velocidad de caída. Mediante la detección y evaluación de información cinemática con respecto a los dos extremos del juego de ruedas, es decir, con respecto a la primera sección final del juego de ruedas y la segunda sección final del juego de ruedas, se consigue un aseguramiento ventajoso de los resultados de detección con respecto a un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario. En caso de un proceso de descarrilamiento, una primera rueda de un juego de ruedas sube primero una cabeza de carril y vuelve a deslizar a continuación bajando de la misma. Debido a una interacción geométrica o cinemática de los anchos de vía, distancias entre dorsos de las ruedas y perfiles de las ruedas, a continuación descarrila una segunda rueda del mismo juego de ruedas, que sigue a la primer rueda en un recorrido limitado a lo largo de los carriles o en un lapso de tiempo limitado. El proceso de descarrilamiento descrito se detecta ventajosamente mediante técnicas de medición, puesto que se realizan mediciones se realizan en los dos extremos del juego de ruedas y se comparan velocidades de caída, es decir, la primera velocidad de caída y la segunda velocidad de caída, con dos valores límite diferentes de la velocidad de caída, es decir, el primer valor límite de la velocidad de caída y el segundo valor límite de la velocidad de caída.

35 El segundo valor límite de la velocidad de caída hace referencia a una rueda que descarrila posteriormente y que tiene un valor mayor que un primer valor límite de la velocidad de caída que hace referencia a una rueda que descarrila inicialmente.

40 Si en un juego de ruedas se detectan sucesivamente tanto un descarrilamiento en dirección al lado exterior del carril como un descarrilamiento en dirección al lado interior del carril, se detecta un estado de descarrilamiento del juego de ruedas o del vehículo ferroviario. Gracias a la inclusión de ambas ruedas del juego de ruedas en el procedimiento de acuerdo con la invención se reduce el riesgo de falsas alarmas.

45 Es favorable que mediante la al menos una unidad aritmética lógica se formen a partir de las señales de medición valores de un primer recorrido de caída con respecto a la primera sección final del juego de ruedas y valores de un

segundo recorrido de caída con respecto a la segunda sección final del juego de ruedas y que se detecte mediante un segundo proceso de comparación del primer recorrido de caída y del segundo recorrido de caída con un primer valor límite del recorrido de caída y un segundo valor límite del recorrido de caída, cuyo valor es menor que el primer valor límite del recorrido de caída un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario, al menos cuando el valor del primer recorrido de caída es igual o mayor que el primer valor límite del recorrido de caída y el valor del segundo recorrido de caída es igual o mayor que el segundo valor límite del recorrido de caída. Gracias a la inclusión de recorridos de caída en el procedimiento de acuerdo con la invención, es decir, el primer recorrido de caída con respecto a la primera rueda del juego de ruedas y el segundo recorrido de caída con respecto a la segunda rueda del juego de ruedas, se asegura adicionalmente una detección de un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario. Se reduce aún más el riesgo de falsas alarmas con respecto a la detección de estados de descarrilamiento.

Además, se consigue un aumento de una precisión de detección si se detecta un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario al menos cuando la primera velocidad de caída y la segunda velocidad de caída alcanzan o rebasan el primer valor límite de la velocidad de caída y el segundo valor límite de la velocidad de caída en un tiempo de transición o en un recorrido de transición. Gracias a esta medida se tiene en cuenta un acoplamiento de un descarrilamiento de la primera rueda con un descarrilamiento de la segunda rueda.

Se consigue una configuración ventajosa si se activa un frenado de emergencia del vehículo ferroviario cuando se detecta un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario. Gracias a esta medida se consigue restablecer lo más rápidamente posible un estado seguro del vehículo ferroviario, sus ocupantes y su carga, etc.

Se consigue una solución favorable si la información sobre un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario se transmite por radio desde el vehículo ferroviario a un equipo en el lado de la infraestructura.

Gracias a esta medida, en caso de un descarrilamiento del vehículo ferroviario pueden activarse rápidamente los servicios de emergencia para rescatar el vehículo ferroviario, asistir a los ocupantes, etc. y establecer servicios de sustitución, etc.

Además, también puede ser ventajoso que la información sobre un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario se transmita a una cabina del conductor del vehículo ferroviario y se emita en la cabina del conductor. Gracias a esta medida también se informa inmediatamente al conductor del tren sobre el descarrilamiento.

A continuación, se explica con más detalle la invención con ayuda de ejemplos de realización.

Muestran a modo de ejemplo:

La figura 1: Un chasis de un vehículo ferroviario con un primer sensor y un segundo sensor, así como una caja de vagón del vehículo ferroviario con una unidad aritmética lógica, teniendo el primer sensor y el segundo sensor una conexión de transmisión de señales con la unidad aritmética lógica,

la figura 2: un primer juego de ruedas de un vehículo ferroviario durante un descarrilamiento, y

la figura 3: un diagrama de flujo de una variante de realización a modo de ejemplo de un procedimiento de acuerdo con la invención para detectar estados de descarrilamiento de un vehículo ferroviario.

La figura 1 muestra un vehículo ferroviario a modo de ejemplo con un chasis 16 y una caja de vagón 15.

El chasis 16 comprende un bastidor de chasis con suspensión primaria 17 que dispone de un primer rodamiento de juego de ruedas que presenta una primera caja de rodamiento de juego de ruedas 10 y de un segundo rodamiento de juego de ruedas que presenta una segunda caja de rodamiento de juego de ruedas 11 visible en la figura 2, con un primer juego de ruedas 13, así como un tercer rodamiento de juego de ruedas que presenta una tercera caja de rodamiento de juego de ruedas 12 y de un cuarto juego de ruedas que presenta una cuarta caja de rodamiento de juego de ruedas y que está conectado con un segundo juego de ruedas 14. En el bastidor de chasis 17 está dispuesto un dispositivo de suspensión secundaria 18, mediante el cual el chasis 16 está unido con la caja de vagón 15.

En la primera caja del rodamiento del juego de ruedas 10 está previsto un primer sensor 1, en la segunda caja del rodamiento del juego de ruedas 11 está previsto un segundo sensor 2, que puede verse en la figura 2. Además, en la tercera caja del rodamiento del juego de ruedas 12 está dispuesto un tercer sensor y en la cuarta caja del rodamiento del juego de ruedas está dispuesto un cuarto sensor, aunque estos no están representados.

Mediante el primer sensor 1 y el segundo sensor 2 se detectan descarrilamientos del primer juego de ruedas 13, mediante el tercer sensor y el cuarto sensor descarrilamientos del segundo juego de ruedas 14.

El primer sensor 1, el segundo sensor 2, el tercer sensor y el cuarto sensor están realizados como sensores de aceleración piezoeléctricos que miden aceleraciones, es decir, una magnitud cinemática, del vehículo ferroviario en tres direcciones espaciales, detectándose también aceleraciones perpendiculares con respecto a un plano de carril 19.

No obstante, de acuerdo con la invención también es concebible realizar el primer sensor 1, el segundo sensor 2, el tercer sensor y el cuarto sensor como sensores de distancia, por ejemplo, como un sensores de distancia láser, o como sensores de velocidad, por ejemplo, como un sensor radar Doppler. De acuerdo con la invención, también es concebible un equipamiento mixto, estando configurado, por ejemplo, el primer sensor 1 como sensor de aceleración y el segundo sensor 2 como sensor de distancia o como sensor de velocidad o el primer sensor 1 como sensor de velocidad y el segundo sensor 2 como sensor de distancia, etc.

Si ninguno de los sensores está realizado como sensor de velocidad, se realiza, como se describe en relación con la figura 3, una transformación de aceleraciones o distancias detectadas mediante los sensores en valores de velocidad de caída.

Las aceleraciones medidas por el primer sensor 1, el segundo sensor 2, el tercer sensor y el cuarto sensor se transmiten como señales de medición mediante una primera línea de cable 20, una segunda línea de cable (no visible), así como, no representada, una tercera línea de cable y una cuarta línea de cable a una unidad aritmética lógica 5 dispuesta en una caja de vagón 15, es decir, en un vagón, y son evaluadas allí para la detección de estados de descarrilamiento del vehículo ferroviario. El primer sensor 1 tiene mediante la primera línea de cable 20 una conexión de transmisión de señales con la unidad aritmética lógica 5, el segundo sensor 2 mediante la segunda línea de cable, el tercer sensor mediante la tercera línea de cable y el cuarto sensor mediante la cuarta línea de cable.

La unidad aritmética lógica 5 recibe electricidad desde una red eléctrica de a bordo no mostrada del vehículo ferroviario. La unidad aritmética lógica 5 suministra a su vez electricidad mediante la primera línea de cable 20, la segunda línea de cable, la tercera línea de cable y la cuarta línea de cable al primer sensor 1, al segundo sensor 2, al tercer sensor y al cuarto sensor.

De acuerdo con la invención también puede estar previsto que se realice mediante una comunicación por radio una transmisión de señales entre el primer sensor 1, el segundo sensor 2, el tercer sensor y el cuarto sensor, por un lado, así como la unidad aritmética lógica 5, por otro lado.

En la figura 2 está representado a modo de ejemplo un primer juego de ruedas 13 de un vehículo ferroviario, que también se muestra en la figura 1.

El primer juego de ruedas 13 presenta una primera rueda 21 y una segunda rueda 22, que están unidas entre sí mediante un eje del juego de ruedas 23. Para unir el primer juego de ruedas 13 con un bastidor de chasis 17 representado en la figura 1, están previstos un primer rodamiento del juego de ruedas con una primera caja del rodamiento del juego de ruedas 10 y un segundo rodamiento del juego de ruedas con una segunda caja del rodamiento del juego de ruedas 11.

Un primer sensor 1 está dispuesto en la primera caja del rodamiento del juego de ruedas 10, un segundo sensor 2 está dispuesto en la segunda caja del rodamiento del juego de ruedas 11. El primer sensor 1 y el segundo sensor 2 están realizados como sensores de aceleración y miden aceleraciones en tres direcciones espaciales, por lo que se detectan, entre otras cosas, aceleraciones perpendiculares con respecto a un plano de carriles 19. El primer sensor 1 mide aceleraciones con respecto a una primera sección final del juego de ruedas 3 o con respecto a la primera caja del rodamiento del juego de ruedas 10, el segundo sensor 2 mide aceleraciones con respecto a una segunda sección final del juego de ruedas 4 o con respecto a la segunda caja del rodamiento del juego de ruedas 11.

Por lo tanto, el primer sensor 1 y el segundo sensor 2 miden una magnitud cinemática, a saber, la aceleración con respecto a la primera sección final del juego de ruedas 3 y a la segunda sección final del juego de ruedas 4.

No obstante, de acuerdo con la invención también es concebible medir magnitudes cinemáticas adicionales o diferentes, por ejemplo, velocidades mediante un sensor de velocidad o recorridos o distancias entre el primer juego de ruedas mediante un sensor de distancia.

La primera sección final del juego de ruedas 3 y la segunda sección final del juego de ruedas 4 son secciones de borde del primer juego de ruedas 13 y, vistas en la dirección longitudinal del primer juego de ruedas 13, comprenden respectivamente aproximadamente el 30% del primer juego de ruedas 13.

A partir de las señales de medición de aceleración del primer sensor 1 y del segundo sensor 2 se determinan en una unidad aritmética lógica 5 mostrada en la figura 1 mediante un primer proceso de integración 8 descrito en relación con la figura 3 valores de la velocidad de caída del primer juego de ruedas 13, a saber valores de una primera velocidad de caída v_{f1} con respecto a la primera sección final del juego de ruedas 3 o con respecto a la primera caja del rodamiento del juego de ruedas 10 y valores de una segunda velocidad de caída v_{f2} con respecto a la segunda sección final del juego de ruedas 4 o de la segunda caja del rodamiento del juego de ruedas 11. La primera velocidad de caída v_{f1} y la segunda velocidad de caída v_{f2} son velocidades perpendiculares con respecto al plano del carril 19.

En la figura 2 está representado un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario. La primera rueda 21 descarrila en dirección al lado exterior 24 de una vía 25, la segunda rueda 22 en dirección al lado interior 26 de la vía 25.

La primera velocidad de caída v_{f1} es menor que la segunda velocidad de caída v_{f2} , pero mayor que un primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} . La segunda velocidad de caída v_{f2} rebasa un segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} , que es mayor que el primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} . Por lo tanto, el segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} es mayor que el primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} , puesto que la segunda rueda 22 descarrila siguiendo a la primera rueda 21 que sube una primera cabeza de carril 27, y puesto que por consiguiente actúa una mayor pre-tensión de una suspensión primaria sobre la segunda rueda 22 que sobre la primera rueda 21.

En la unidad aritmética lógica 5 se determinan mediante un segundo proceso de integración 9 descrito en relación con la figura 3 a partir de la primera velocidad de caída v_{f1} valores de un primer recorrido de primera caída S_{f1} y a partir de los valores de la segunda velocidad de caída v_{f2} valores de un segundo recorrido de caída s_{f2} .

5 El primer recorrido de caída s_{f1} es un recorrido de la primera sección final del juego de ruedas 3 o de la primera caja del rodamiento del juego de ruedas 10 perpendicular con respecto al plano del carril 19, el segundo recorrido de caída s_{f2} es un recorrido de la segunda sección final del juego de ruedas 4 o de la segunda caja del rodamiento del juego de ruedas 11 perpendicular con respecto al plano del carril 19.

10 Puesta que la primera rueda 21 sube con su pestaña 30 la primera cabeza de carril 27 y no vuelve a deslizar bajando hasta a continuación, mientras que la segunda rueda 22 desliza de una segunda cabeza de carril 28 directamente en su superficie de rodadura 29, al final de un descarrilamiento del primer juego de ruedas 13, el primer recorrido de caída s_{f1} total es mayor que el todo el segundo recorrido de caída s_{f2} .

15 Correspondientemente, un primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} es definido mayor que un segundo valor límite del recorrido de caída s_{g2} .

En la unidad aritmética lógica 5 también se realizan un primer proceso de comparación 6, también descrito en relación con la fig. 3 para la comparación de la primera velocidad de caída v_{f1} y la segunda velocidad de caída v_{f2} con el primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} y el segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} , así como también un segundo proceso de comparación 7, también explicado en relación con la figura 3, para la comparación del primer recorrido de caída s_{f1} y del segundo recorrido de caída s_{f2} con el primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} y del segundo valor límite del recorrido de caída s_{g2} .

20 A este respecto, se detecta un estado de descarrilamiento del primer juego de ruedas 13 o del vehículo ferroviario cuando el valor de la primera velocidad de caída v_{f1} es igual o mayor que el primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} , el valor de la segunda velocidad de caída v_{f2} es igual o mayor que el valor límite de la segunda velocidad de caída v_{g2} , el valor del primer recorrido de caída s_{f1} es igual o mayor que el primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} y el valor del segundo recorrido de caída s_{f2} es igual o mayor que el segundo valor límite del recorrido de caída s_{g2} .

25 En caso de incluirse el segundo proceso de comparación 7, se trata de una solución especialmente favorable. No obstante, de acuerdo con la invención también es concebible renunciar a una determinación y evaluación del primer recorrido de caída s_{f1} y del segundo recorrido de caída s_{f2} y detectar un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario exclusivamente sobre la base del primer proceso de comparación 6, es decir, sobre la base de las velocidades de caída.

30 Por supuesto, el procedimiento de acuerdo con la invención también está configurado para detectar un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario en el que la segunda rueda 22 descarrila en dirección al lado exterior 24 de la vía 25 y la primera rueda 21 en dirección al lado interior 26 de la vía 25.

35 La figura 3 muestra un diagrama de flujo de una variante de realización a modo de ejemplo de un procedimiento de acuerdo con la invención, parcialmente implementado por ordenador para detectar un descarrilamiento de un vehículo ferroviario.

40 Un primer sensor 1 y un segundo sensor 2, que están realizados como sensores de aceleración y, como se muestra en la figura 1 y la figura 2, están dispuestos en un chasis 16 del vehículo ferroviario, detectan aceleraciones en todas las direcciones espaciales, es decir, también perpendiculares con respecto a un plano de carril 19 también mostrado en la figura 1 o en la figura 2. Como se muestra en la figura 2, estas aceleraciones se refieren a una primera sección final del juego de ruedas 3 de un primer juego de ruedas 13 con una primera rueda 21 y una segunda rueda 22, así como a una segunda sección final del juego de ruedas 4 del primer juego de ruedas 13 y, tal y como se muestra en la figura 1, son transmitidas como señales de medición mediante una primera línea de cable 20 y una segunda línea de cable a una unidad aritmética lógica 5 dispuesta en una caja de vagón 15 del vehículo ferroviario.

45 En la unidad aritmética lógica 5 se realiza un procesamiento de señales 31 y una evaluación de señales 32. A este respecto, se extrae información de aceleración de las señales de medición y se transforma en componentes de aceleración, entre otras cosas, en una componente de aceleración perpendicular con respecto al plano del carril 19.

50 Además, las señales de medición se filtran mediante la evaluación de señales 32 para eliminar interferencias de baja frecuencia, que pueden ser causadas, por ejemplo, por fenómenos de deriva e interferencias electromagnéticas. Para ello se utiliza un filtro de Bessel o de paso alto conocido por el estado de la técnica.

55 A continuación se integran aceleraciones medidas por el primer sensor 1 y relacionadas con la primera sección final del juego de ruedas 3 perpendiculares con respecto al plano del carril 19, las primeras aceleraciones z a_{z1} , mediante un primer proceso de integración 8 de acuerdo con una primera especificación de formación con respecto a un tiempo de descarrilamiento t_e .

$$\int_{t_{01}}^{t_e} a_{z1} \cdot dt = \int_{v_{z01}}^{v_{f1}} dv_{z1}$$

Además de la primera aceleración a_{z1} y el tiempo de descarrilamiento t_e , la primera especificación de formación comprende un tiempo t , un primer tiempo de inicio t_{01} , una primera velocidad v_{z1} de la primera sección final del juego de ruedas 3 perpendicular con respecto al plano del carril 19, así como una primera velocidad de inicio v_{z01} de la primera sección final del juego de ruedas 3 perpendicular con respecto al plano del carril 19. El primer tiempo de inicio t_{01} y la primera velocidad de inicio v_{z01} se usan correspondientemente, por ejemplo, al comienzo del procedimiento de acuerdo con la invención con $t_{01} = 0$ y $v_{z01} = 0$, aunque por supuesto también son concebibles otros valores iniciales.

El primer proceso de integración 8 se refiere además también a una segunda especificación de formación, según la cual se integran aceleraciones detectadas por el segundo sensor 2 y relacionadas con la segunda sección final del juego de ruedas 4 perpendiculares con respecto al plano del carril 19, las segundas aceleraciones a_{z2} :

$$\int_{t_{02}}^{t_e} a_{z2} \cdot dt = \int_{v_{z02}}^{v_{f2}} dv_{z2}$$

Además de la segunda aceleración a_{z2} y el tiempo de descarrilamiento t_e , la segunda especificación de formación comprende además el tiempo t , un segundo tiempo de inicio t_{02} , una segunda velocidad v_{z2} de la segunda sección final del juego de ruedas 4 perpendicular con respecto al plano del carril 19, así como una segunda velocidad de inicio v_{z02} de la segunda sección final del juego de ruedas 4 perpendicular con respecto al plano del carril 19. El segundo tiempo de inicio t_{02} y la segunda velocidad de inicio v_{z02} se usan correspondientemente, por ejemplo, al comienzo del procedimiento de acuerdo con la invención con $t_{02} = 0$ y $v_{z02} = 0$, aunque por supuesto también son concebibles otros valores iniciales.

El tiempo de descarrilamiento t_e es una magnitud empírica que se determina mediante simulaciones y/u observaciones en el funcionamiento a partir de una pluralidad de análisis de procesos de descarrilamiento de vehículos ferroviarios. Hace referencia a un tiempo máximo de un proceso de descarrilamiento de una rueda.

De acuerdo con la invención, no obstante, también es concebible referir el tiempo de descarrilamiento t_e a un lapso de tiempo a partir del cual puede presumirse con certeza que se ha producido un descarrilamiento de una rueda, siendo este lapso de tiempo más corto que el tiempo máximo de un descarrilamiento. También es concebible prever un primer tiempo de descarrilamiento para la primera especificación de formación y un segundo tiempo de descarrilamiento para la segunda especificación de formación, que tienen valores diferentes.

En esta variante de realización indicada a modo de ejemplo de un procedimiento de acuerdo con la invención, el tiempo de descarrilamiento t_e es de 3 s, aunque por supuesto también son concebibles otros valores.

A partir de la primera especificación se determina una primera velocidad de caída v_{f1} relacionada con la primera sección final del juego de ruedas 3.

A partir de la segunda especificación se obtiene una segunda velocidad de caída v_{f2} relacionada con la segunda sección final del juego de ruedas 4.

Además, tiene lugar un segundo proceso de integración 9, mediante el cual se determina un primer recorrido de caída s_{f1} a partir de la primera velocidad de caída v_{f1} y un segundo recorrido de caída s_{f2} a partir de la segunda velocidad de caída v_{f2} .

Una tercera especificación de formación para determinar el primer recorrido de caída s_{f1} mediante una integración sin tiempo es la siguiente:

$$\int_{s_{z01}}^{s_{f1}} a_{z1} \cdot ds_{z1} = \int_{v_{z01}}^{v_{f1}} v_{z1} \cdot dv_{z1}$$

Además de los parámetros ya conocidos de la primera especificación de formación, la tercera especificación de formación comprende un primer recorrido s_{z1} perpendicular con respecto al plano del carril 19, así como un primer recorrido de inicio s_{z01} de la primera sección final del juego de ruedas 3 perpendicular con respecto al plano del carril 19 como límite de integración, que al comienzo del procedimiento de acuerdo con la invención es $s_{z01} = 0$, aunque también son concebibles otros valores iniciales.

Una cuarta especificación de formación para determinar el segundo recorrido de caída s_{f2} mediante integración sin tiempo es la siguiente:

$$\int_{s_{z02}}^{s_{f2}} a_{z2} \cdot ds_{z2} = \int_{v_{z02}}^{v_{f2}} v_{z2} \cdot dv_{z2}$$

- Además de los parámetros ya conocidos de la segunda especificación de formación y la tercera especificación de formación, la cuarta especificación de formación comprende un segundo recorrido z_{s22} de la segunda sección final del juego de ruedas 4 perpendicular con respecto al plano del carril 19, así como un segundo recorrido de inicio en z_{s202} de la segunda sección final del juego de ruedas 4 perpendicular con respecto al plano del carril 19 como límite de integración, que al comienzo del procedimiento es $s_{z02} = 0$, aunque también son concebibles otros valores iniciales.
- De acuerdo con la invención, también es concebible determinar el primer recorrido de caída s_{f1} y el segundo recorrido de caída s_{f2} mediante integraciones de doble tiempo durante el tiempo de descarrilamiento t_e a partir de la primera aceleración z_{a21} y la segunda aceleración z_{a22} en lugar de aplicar las integraciones sin tiempo para formar el primer recorrido de caída s_{f1} y el segundo recorrido de caída s_{f2} .
- El primer proceso de integración 8 con la primera especificación de formación y la segunda especificación de formación, así como el segundo proceso de integración 9 con la tercera especificación de formación y la cuarta especificación de formación se realizan de manera numérica mediante la unidad aritmética lógica 5, formándose resultados intermedios para cada pasa de tiempo para la primera velocidad z_{v21} , la segunda velocidad z_{v22} , el primer recorrido z_{s21} y el segundo recorrido z_{s22} que se usan a su vez como primera velocidad de inicio z_{v201} , segunda velocidad de inicio z_{v202} , primer recorrido de inicio z_{s201} y segundo recorrido de inicio z_{s202} para un segundo ciclo de integración que sigue en el tiempo a un primer ciclo de integración.
- Los resultados intermedios arriba indicados se usan en esta variante de realización a modo de ejemplo de un procedimiento de acuerdo con la invención también para detectar estados de descarrilamiento del vehículo ferroviario, es decir, se comparan con un primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} , un segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} , un primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} y un segundo valor límite del recorrido de caída s_{g2} y por lo tanto también se consideran primeras velocidades de caída v_{f1} , segundas velocidades de caída v_{f2} , primeros recorridos de caída s_{f1} y segundos recorridos de caída s_{f2} .
- Se lleva a cabo un primer proceso de comparación 6, en el que la primera velocidad de caída v_{f1} se compara con el primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} , así como con el segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} y la segunda velocidad de caída v_{f2} también se compara con el primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} , así como con el segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} .
- El primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} con un valor de 3 m/s, como se muestra en la figura 2, se refiere a un descarrilamiento de la primera rueda 21 en dirección a un lado exterior 24 de una vía 25, y es menor que el segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} que, como también se muestra en la figura 2, se refiere a un descarrilamiento de la segunda rueda 22 en dirección a un lado interior 26 de la vía 25 y es de 4 m/s.
- El primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} y el segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} se determinan empíricamente mediante simulaciones y/u observaciones del funcionamiento de una pluralidad de análisis de procesos de descarrilamiento de vehículos ferroviarios. En función del vehículo ferroviario y de su funcionamiento, así como de la infraestructura ferroviaria, pueden usarse valores diferentes, es decir, también valores distintos de los que se han indicado anteriormente, para el primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} y el segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} .
- Además, se realiza un segundo proceso de comparación 7, en el que se compara el primer recorrido de caída s_{f1} con el primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} , así como con el segundo valor límite del recorrido de caída s_{g2} y se compara también el segundo recorrido de caída s_{f2} con el primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} y el segundo valor límite del recorrido de caída s_{g2} . En esta variante de realización a modo de ejemplo de un procedimiento de acuerdo con la invención, el primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} es de 210 mm y se refiere a un descarrilamiento de la primera rueda 21 en dirección al lado exterior 24 de la vía 25, mientras que el segundo valor límite del recorrido de caída s_{g2} , que en esta variante de realización a modo de ejemplo de un procedimiento de acuerdo con la invención es de 180 mm, se refiere a un descarrilamiento de la segunda rueda 22 en dirección al lado interior 26 de la vía 25.
- El segundo valor límite del recorrido de caída s_{g2} se determina a partir de una altura de carril, el primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} , además, a partir de una altura de la pestaña de la rueda.
- En función del vehículo ferroviario y de la infraestructura pueden usarse por supuesto también otros valores distintos de los que se han indicado anteriormente para el primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} y el segundo valor límite del recorrido de caída s_{g2} .
- La primera velocidad de caída v_{f1} , la segunda velocidad de caída v_{f2} así como el primer recorrido de caída s_{f1} y el segundo recorrido de caída s_{f2} definen movimientos hacia abajo y son definidos con signos positivos. El primer valor

límite de la velocidad de caída v_{g1} , el segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} , el primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} y el segundo valor límite del recorrido de caída s_{g2} también son definidos con signos positivos.

5 Se detecta un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario cuando el valor de la primera velocidad de caída v_{f1} es igual o mayor que el primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} , el valor de la segunda velocidad de caída v_{f2} es igual o mayor que el segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} , el valor del primer recorrido de caída s_{f1} es igual o mayor que el primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} y el valor del segundo recorrido de caída s_{f2} es igual o mayor que el segundo valor límite del recorrido de caída s_{g2} .

10 Por consiguiente, también se detecta un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario si, además del valor de la segunda velocidad de caída v_{f2} también el de la primera velocidad de caída v_{f1} es igual o mayor que el segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} y/o además del primer recorrido de caída s_{f1} también el segundo recorrido de caída s_{f2} es igual o mayor que el primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} .

15 Además del primer proceso de comparación 6 o del segundo proceso de comparación 7, para detectar un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario, el primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} y el segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} o el primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} y el segundo valor límite del recorrido de caída s_{g2} debe ser alcanzado o rebasado por la primera velocidad de caída v_{f1} y la segunda velocidad de caída v_{f2} o el primer recorrido de caída s_{f1} y el segundo recorrido de caída s_{f2} , lo que debe producirse en un tiempo de transición t_u y en un recorrido de transición s_u correlacionado con el tiempo de transición t_u del vehículo ferroviario. Por lo tanto, un descarrilamiento de la primera rueda 21 debe vincularse en términos de tiempo y lugar a un descarrilamiento de la segunda rueda 22.

20 El tiempo de transición t_u se determina empíricamente mediante simulaciones y/u observaciones en el funcionamiento a partir de una pluralidad de análisis de procesos de descarrilamiento de vehículos ferroviarios. El recorrido de transición s_u se determina mediante una multiplicación de una velocidad de marcha del vehículo ferroviario con el tiempo de transición t_u .

25 En esta variante de realización indicada a modo de ejemplo de un procedimiento de acuerdo con la invención, se usa un tiempo de transición t_u de 10 s, siendo concebibles de acuerdo con la invención también otros valores para el tiempo de transición t_u .

30 Por ejemplo, si tanto la primera velocidad de caída v_{f1} como también la segunda velocidad de caída v_{f2} son menores que el segundo valor límite de la velocidad de caída v_{g2} y/o tanto el primer recorrido de caída s_{f1} como el segundo recorrido de caída s_{f2} son menores que el primer valor límite del recorrido de caída s_{g1} , no se ha producido un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario y no se detecta ningún estado de descarrilamiento.

35 Además, por ejemplo, no se ha producido ningún estado de descarrilamiento y no se detecta ningún estado de descarrilamiento si la primera velocidad de caída v_{f1} o la segunda velocidad de caída v_{f2} es menor que el primer valor límite de la velocidad de caída v_{g1} y/o el primer recorrido de caída s_{f1} o el segundo recorrido de caída s_{f2} es menor que el segundo valor límite del recorrido de caída s_{g2} .

40 Por supuesto, es posible que el lado del primer juego de ruedas 13 descarrile con la primera sección final del juego de ruedas 3 o la primera rueda 21 en dirección al lado interior 26 de la vía 25 y el lado del primer juego de ruedas 13 con la segunda sección final del juego de ruedas 4 o la segunda rueda 22 descarrile en dirección al lado exterior 24 de la vía 25, es decir, a la inversa de lo que se ha representado para esta variante de realización indicada a modo de ejemplo de un procedimiento de acuerdo con la invención. Para una comprobación de un escenario de este tipo, que también se lleva a cabo siempre en el escenario de acuerdo con la invención, la segunda sección final del juego de ruedas 4 se considera la primera sección final del juego de ruedas 3 y la primera sección final del juego de ruedas 3 la segunda sección final del juego de ruedas 4. La comprobación de este escenario se lleva a cabo según el esquema descrito en relación con la figura 3.

50 En caso de incluirse el segundo proceso de comparación 7 en el procedimiento de acuerdo con la invención, se trata de una solución especialmente favorable. No obstante, de acuerdo con la invención también es concebible renunciar a una determinación y evaluación del primer recorrido de caída s_{f1} y del segundo recorrido de caída s_{f2} y detectar un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario exclusivamente sobre la base del primer proceso de comparación 6.

55 Las mediciones de las aceleraciones, el procesamiento de señales 31, la evaluación de señales 32, el primer proceso de integración 8, el segundo proceso de integración 9, el primer proceso de comparación 6, el segundo proceso de comparación 7, las transmisiones de datos necesarias para las etapas individuales del procedimiento, así como una generación de información sobre un eventual estado de descarrilamiento del primer juego de ruedas 13 o del vehículo ferroviario se realizan continuamente durante el funcionamiento del vehículo ferroviario a una frecuencia de 10 Hz.

60 De acuerdo con la invención, por supuesto también es posible prever una frecuencia diferente, variar la frecuencia o llevar a cabo diferentes etapas del procedimiento con diferentes frecuencias.

65 Las etapas del procedimiento como por ejemplo el primer proceso de integración 8 y el segundo proceso de integración 9 o el primer proceso de comparación 6 y el segundo proceso de comparación 7 pueden llevarse a cabo secuencialmente en el tiempo o paralelamente en el tiempo.

Si se detecta un estado de descarrilamiento, se activa un frenado de emergencia del vehículo ferroviario (activación del freno de emergencia 33). Para ello, la unidad aritmética lógica 5 está conectada con un dispositivo de frenado no representado del vehículo ferroviario, para esta variante de realización a modo de ejemplo de un procedimiento de acuerdo con la invención con un aparato de control de freno.

- 5 Además, el vehículo ferroviario presenta una antena de vehículo no representada, con la que está conectada la unidad aritmética lógica 5 y mediante la cual se transmite información sobre un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario a un equipo del lado de la infraestructura no representado, para esta variante de realización a modo de ejemplo de un procedimiento de acuerdo con la invención a un centro de mando.
- 10 De acuerdo con la invención, también es concebible conectar la unidad aritmética lógica 5 mediante líneas correspondientes con una unidad de salida, es decir, por ejemplo, una pantalla y/o un sistema de audio, en una cabina del conductor del vehículo ferroviario y emitir información sobre un estado de descarrilamiento de manera visual y/o acústica para un conductor del tren.
- 15 Por supuesto, el procedimiento de acuerdo con la invención puede usarse tanto para vehículos ferroviarios con chasis con juegos de ruedas como para vehículos ferroviarios con chasis de ruedas sueltas o juegos de ruedas sueltas, como están previstos, por ejemplo, para tranvías de piso bajo. No se requiere ningún acoplamiento mecánico entre la primera rueda 21 y la segunda rueda 22.

20 Lista de referencias

1	Primer sensor
2	Segundo sensor
3	Primera sección final del juego de ruedas
4	Segunda sección final del juego de ruedas
5	Unidad aritmética lógica
6	Primer proceso de comparación
7	Segundo proceso de comparación
8	Primer proceso de integración
9	Segundo proceso de integración
10	Primera caja del rodamiento del juego de ruedas
11	Segunda caja del rodamiento del juego de ruedas
12	Tercera caja del rodamiento del juego de ruedas
13	Primer juego de ruedas
14	Segundo juego de ruedas
15	Caja de vagón
16	Chasis
17	Bastidor del chasis
18	Dispositivo de resorte secundario
19	Nivel de carriles
20	Primera línea de cable
21	Primera rueda
22	Segunda rueda
23	Eje del juego de ruedas
24	Lado exterior
25	Vía
26	Lado interior
27	Primera cabeza de carril
28	Segunda cabeza de carril
29	Banda de rodadura
30	Pestaña
31	Procesamiento de señales
32	Evaluación de señales
33	Activación frenado de emergencia
v_{f1}	Primera velocidad de caída
v_{f2}	Segunda velocidad de caída
v_{g1}	Primer valor límite de la velocidad de caída
v_{g2}	Segundo valor límite de la velocidad de caída
s_{f1}	Primer recorrido de caída
s_{f2}	Segundo recorrido de caída
s_{g1}	Primer valor límite recorrido de caída
s_{g2}	Segundo valor límite recorrido de caída
t_u	Tiempo de transición
s_u	Recorrido de transición
t_e	Tiempo del descarrilamiento

a_{z1}	Primera aceleración z
a_{z2}	Segunda aceleración z
t	Tiempo
t_{01}	Primer tiempo de inicio
t_{02}	Segundo tiempo de inicio
v_{z1}	Primera velocidad z
v_{z2}	Segunda velocidad z
v_{z01}	Primera velocidad de inicio z
v_{z02}	Segunda velocidad de inicio z
s_{z1}	Primer recorrido z
s_{z2}	Segundo recorrido z
s_{z01}	Primer recorrido de inicio z
s_{z02}	Segundo recorrido de inicio z

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar un estado de descarrilamiento de un vehículo ferroviario, midiéndose al menos una magnitud cinemática mediante un primer sensor con respecto a una primera sección final de un juego de ruedas y mediante un segundo sensor con respecto a una segunda sección final de un juego de ruedas, formándose, procesándose, así como evaluándose señales de medición correspondientes, caracterizado por que mediante al menos una unidad aritmética lógica (5) se forman a partir de las señales de medición valores de una primera velocidad de caída (v_{f1}) con respecto a la primera sección final del juego de ruedas (3) y valores de una segunda velocidad de caída (v_{f2}) con respecto a la segunda sección final del juego de ruedas (4) y se detecta mediante un primer proceso de comparación (6) de la primera velocidad de caída (v_{f1}) y la segunda velocidad de caída (v_{f2}) con un primer valor límite de la velocidad de caída (v_{g1}) y un segundo valor límite de la velocidad de caída (v_{g2}), cuyo valor es mayor que el primer valor límite de la velocidad de caída (v_{g1}) un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario, al menos cuando el valor de la primera velocidad de caída (v_{f1}) es igual o mayor que el primer valor límite de la velocidad de caída (v_{g1}) y el valor de la segunda velocidad de caída (v_{f2}) es igual o mayor que el segundo valor límite de la velocidad de caída (v_{g2}).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que mediante la al menos una unidad aritmética lógica (5) se forman a partir de las señales de medición valores de un primer recorrido de caída (s_{f1}) con respecto a la primera sección final del juego de ruedas (3) y valores de un segundo recorrido de caída (s_{f2}) con respecto a la segunda sección final del juego de ruedas (4) y se detecta mediante un segundo proceso de comparación (7) del primer recorrido de caída (s_{f1}) y del segundo recorrido de caída (s_{f2}) con un primer valor límite del recorrido de caída (s_{g1}) y un segundo valor límite del recorrido de caída (s_{g2}), cuyo valor es menor que el primer valor límite del recorrido de caída (s_{g1}) un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario, al menos cuando el valor del primer recorrido de caída (s_{f1}) es igual o mayor que el primer valor límite del recorrido de caída (s_{g1}) y el valor del segundo recorrido de caída (s_{f2}) es igual o mayor que el segundo valor límite del recorrido de caída (s_{g2}).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que se detecta un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario al menos cuando la primera velocidad de caída (v_{f1}) y la segunda velocidad de caída (v_{f2}) alcanzan o rebasan el primer valor límite de la velocidad de caída (v_{g1}) y el segundo valor límite de la velocidad de caída (v_{g2}) en un tiempo de transición (t_u) o en un recorrido de transición (s_u).
4. Procedimiento según la reivindicación 2 o 3, caracterizado por que se detecta un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario al menos cuando el primer recorrido de caída (s_{f1}) y el segundo recorrido de caída (s_{f2}) alcanzan o rebasan el primer valor límite del recorrido de caída (s_{g1}) y el segundo valor límite del recorrido de caída (s_{g2}) en un tiempo de transición (t_u) o en un recorrido de transición (s_u).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que al menos la primera velocidad de caída (v_{f1}) se determina mediante un primer proceso de integración (8) de una aceleración con respecto a un tiempo de descarrilamiento (t_e).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado por que al menos el primer recorrido de caída (s_{f1}) se determina mediante un segundo proceso de integración (9).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que el segundo proceso de integración (9) se realiza como integración sin tiempo.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que se activa un frenado de emergencia del vehículo ferroviario cuando se detecta un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que la información sobre un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario se transmite por radio desde el vehículo ferroviario a un equipo del lado de la infraestructura.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que se transmite información sobre un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario a una cabina del conductor del vehículo ferroviario y se emite en la cabina del conductor.
11. Dispositivo para detectar un estado de descarrilamiento de un vehículo ferroviario, que presenta un primer sensor (1) que está previsto en una primera caja de rodamiento de juego de ruedas (10) de un primer juego de ruedas (13) del vehículo ferroviario, un segundo sensor (2) que puede disponerse en una segunda caja de rodamiento de juego de ruedas (11) del primer juego de ruedas (13) y al menos una unidad aritmética lógica (5) que está provista en o sobre un vagón del vehículo ferroviario, estando previstas conexiones para la transmisión de señales entre el primer sensor (1) y el segundo sensor (2) por un lado y la al menos una unidad aritmética lógica (5) por otro lado, estando configurado el dispositivo para la realización de un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10.
12. Dispositivo según la reivindicación 11, caracterizado por que la al menos una unidad aritmética lógica (5) está

conectada con un dispositivo de frenado del vehículo ferroviario.

13. Dispositivo según la reivindicación 11 o 12, caracterizado por que la al menos una unidad aritmética lógica (5) está conectada con una antena de vehículo del vehículo ferroviario.

5 14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizado por que la al menos una unidad aritmética lógica (5) está conectada con una unidad de salida en la que puede emitirse información sobre un estado de descarrilamiento del vehículo ferroviario.

10 15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 11 a 14, caracterizado por que al menos el primer sensor (1) está configurado como sensor de aceleración.

16. Dispositivo según una de las reivindicaciones 11 a 14, caracterizado por que al menos el primer sensor (1) está configurado como sensor de distancia.

15 17. Dispositivo según una de las reivindicaciones 11 a 14, caracterizado por que al menos el primer sensor (1) está configurado como sensor de velocidad.

FIG 1

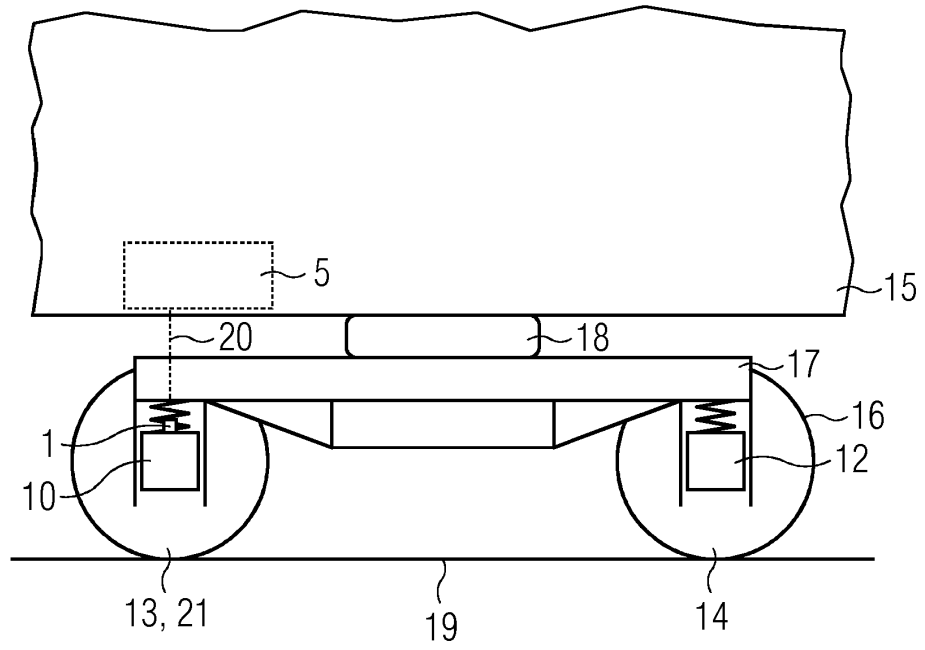


FIG 2

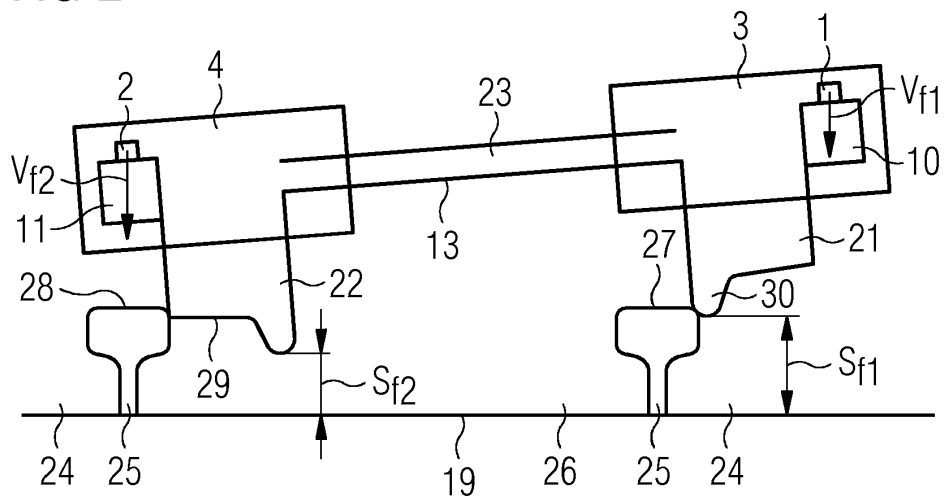


FIG 3

