

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 016 588**

51 Int. Cl.:

**B61L 1/06** (2006.01)

**B61L 23/04** (2006.01)

**B61L 25/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2020 E 20180357 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2025 EP 3925850**

54 Título: **Método para monitorear una vía férrea y sistema de monitoreo para monitorear una vía férrea**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.05.2025**

73 Titular/es:  
**SENSONIC GMBH (100.00%)  
Bahnhofstrasse 57a  
4780 Schärding, AT**

72 Inventor/es:  
**ZEILINGER, RENE;  
HUBER, STEFAN;  
DEETLEFS, RICHARD MICHAEL;  
MILLEDER, ROMAN y  
EBERTSEDER, ANDREAS**

74 Agente/Representante:  
**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 3 016 588 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 para monitorear una vía férrea y sistema de monitoreo para monitorear una vía férrea

5 Se proporcionan un método para monitorear una vía férrea y un sistema de monitoreo para monitorear una vía férrea.

10 La detección acústica distribuida se puede emplear en el monitoreo ferroviario. Con este fin, se alimenta un pulso láser a una fibra óptica que se extiende a lo largo de la vía férrea. Al analizar la señal retrodispersada, se puede detectar ruido en y alrededor de la vía férrea. A partir de la forma de la señal retrodispersada, los vehículos ferroviarios que pasan se pueden distinguir de otros ruidos. La señal retrodispersada se puede emplear para determinar diferentes parámetros del movimiento de los vehículos ferroviarios. Por ejemplo, se puede determinar la velocidad o la posición de los vehículos ferroviarios.

15 Sin embargo, no en todos los casos es posible determinar directamente a partir de la señal retrodispersada en qué vía, en el caso de varias vías paralelas entre sí, se está moviendo un vehículo ferroviario o si la vía ferroviaria tiene un defecto. La extracción de estos parámetros de las señales retrodispersadas podría mejorar la precisión del monitoreo de la infraestructura del vehículo ferroviario.

20 En 3531078 A1 se describen una unidad de evaluación para la evaluación de señales digitales, un sistema de seguimiento para el seguimiento de vehículos ferroviarios y un método para evaluar una señal digital.

25 En WO 2014/019889 A2 se describe un método para operar un dispositivo de localización para ubicar vehículos ferroviarios.

En WO 2013/124681 A2 se describe un método de monitoreo de condición de una estructura que forma parte de una red de transporte.

30 Es un objetivo proporcionar un método para monitorear una vía férrea con una precisión mejorada. Es además un objetivo proporcionar un sistema de monitorización para monitorizar una vía férrea con una precisión mejorada.

Estos objetivos se logran con las reivindicaciones independientes. Otras realizaciones son el objeto de las reivindicaciones dependientes.

35 De acuerdo con al menos una realización del método para monitorear una vía férrea, el método comprende el paso de detectar señales de monitoreo mediante un sensor acústico distribuido que se dispone a lo largo de la vía, donde cada señal de monitoreo comprende un valor de señal de monitoreo para un primer segmento de medición del sensor acústico distribuido y un valor de señal de monitoreo para un segundo segmento de medición del sensor acústico distribuido. El sensor acústico distribuido se puede disponer en el entorno de la vía férrea. Esto significa que el sensor acústico distribuido se puede colocar cerca de la vía férrea. El sensor acústico distribuido puede extenderse aún más a lo largo de la vía férrea. La longitud del sensor acústico distribuido puede ascender a varios kilómetros o varios cientos de kilómetros. El sensor acústico distribuido se divide en una pluralidad de segmentos de medición. El primer segmento de medición y el segundo segmento de medición son cada uno de la pluralidad de segmentos de medición. Cada segmento de medición corresponde a una longitud predefinida a lo largo del sensor acústico distribuido. Esto significa que cada segmento de medición colinda directamente con otro segmento de medición. Todos los segmentos de medición pueden tener la misma longitud. Por ejemplo, los segmentos de medición tienen cada uno una longitud de unos pocos metros, por ejemplo, menos de 10 m. Cada señal de monitoreo comprende una pluralidad de valores de señal de monitoreo, donde cada valor de señal de monitoreo se refiere a un valor de medición detectado por el sensor acústico distribuido en el segmento de medición respectivo. El método puede comprender detectar varias señales de monitoreo una después de la otra. Esto significa que dos señales de monitoreo pueden diferir entre sí en el momento en que se detectan.

55 El método comprende además determinar un primer valor de señal de monitoreo de evento para el primer segmento de medición a partir de los valores de señal de monitoreo que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario sobre la posición del primer segmento de medición. Durante el paso de un vehículo ferroviario se detectan varios valores de señal de monitorización para el primer segmento de medición. Esto significa que los valores de la señal de monitoreo se detectan con una frecuencia predefinida. La frecuencia predefinida suele ser superior a 1 Hz, de modo que la duración de un paso de un vehículo ferroviario es mayor que un período de la frecuencia predefinida. Para determinar el primer valor de la señal de monitoreo de eventos solo se tienen en cuenta los valores de la señal de monitoreo que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario en la posición del primer segmento de medición. A partir de la forma de la señal de monitoreo detectada por el sensor acústico distribuido se puede determinar en qué posición de la vía férrea se mueve un vehículo ferroviario. A partir de esta información se determina qué valores de la señal de monitoreo se tienen en cuenta para determinar el primer valor de la señal de monitoreo del evento. Cada primer valor de señal de monitoreo de eventos se relaciona con el paso de un solo vehículo ferroviario.

El método comprende además determinar un segundo valor de señal de monitoreo de evento para el segundo segmento de medición a partir de los valores de señal de monitoreo que se detectan durante el paso del vehículo ferroviario sobre la posición del segundo segmento de medición. Durante el paso de un vehículo ferroviario se detectan varios valores de señal de monitorización para el segundo segmento de medición. Esto significa que los valores de la señal de monitoreo se detectan con una frecuencia predefinida. La frecuencia predefinida suele ser superior a 1 Hz, de modo que la duración de un paso de un vehículo ferroviario es mayor que un período de la frecuencia predefinida. Para determinar el segundo valor de la señal de monitoreo de eventos solo se tienen en cuenta los valores de la señal de monitoreo que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario en la posición del segundo segmento de medición. A partir de la forma de la señal de monitoreo detectada por el sensor acústico distribuido se puede determinar en qué posición de la vía férrea se mueve un vehículo ferroviario. A partir de esta información se determina qué valores de la señal de monitoreo se tienen en cuenta para determinar el segundo valor de la señal de monitoreo del evento. Cada segundo valor de señal de monitoreo de eventos se relaciona con el paso de un solo vehículo ferroviario.

Cada primer valor de señal de monitoreo de eventos y cada segundo valor de señal de monitoreo de eventos proporciona una medida de la energía proporcionada por el vehículo ferroviario que pasa en la posición del segmento de medición respectivo y se pasa al sensor acústico distribuido. Por lo tanto, cada primer valor de señal de monitoreo de eventos y cada segundo valor de señal de monitoreo de eventos depende de la distancia entre el sensor acústico distribuido y la vía férrea, de las propiedades de transferencia del suelo entre el sensor acústico distribuido y la vía férrea en la posición del segmento de medición respectivo y de las propiedades del vehículo ferroviario respectivo, como su peso y velocidad.

El método comprende además determinar un valor de diferencia donde el valor de diferencia se refiere a la diferencia entre un valor relativo promedio y un valor relativo, donde el valor relativo viene dado por la diferencia relativa entre el primer valor de señal de monitoreo de eventos y el segundo valor de señal de monitoreo de eventos, donde el valor relativo promedio se refiere a un valor promedio de valores relativos determinados a partir de pasajes previos de vehículos ferroviarios. Para el primer y el segundo segmento de medición, se puede almacenar un valor relativo promedio en una base de datos o en una unidad de almacenamiento, respectivamente. La totalidad de todos los valores relativos promedio para todos los segmentos de medición de una vía férrea se conoce como la huella dactilar de la vía férrea respectiva. Por lo tanto, es posible que varias vías ferroviarias estén dispuestas una al lado de la otra. Para más de una vía ferroviaria dispuesta una al lado de la otra, cada vía ferroviaria tiene su propia huella dactilar. El primer segmento de medición y el segundo segmento de medición pueden estar separados entre sí. Esto significa que el primer segmento de medición y el segundo segmento de medición no son necesariamente vecinos directos. Por ejemplo, se dispone una pluralidad de segmentos de medición adicionales entre el primer segmento de medición y el segundo segmento de medición. Por ejemplo, al menos diez segmentos de medición adicionales están dispuestos entre el primer segmento de medición y el segundo segmento de medición. Esta disposición mejora la precisión del método.

Los valores relativos determinados a partir de pasajes anteriores de vehículos ferroviarios se detectan antes de que se detecten los valores de la señal de monitoreo. Los valores relativos determinados a partir de pasajes previos de vehículos ferroviarios se pueden detectar durante una fase de calibración. Los valores relativos determinados a partir de pasajes previos de vehículos ferroviarios se determinan de la misma manera que los valores relativos. Para determinar el valor relativo promedio se determina un promedio de valores relativos determinados a partir de pasajes previos de vehículos ferroviarios. El relativo promedio puede estar dado por el promedio de al menos 10 valores relativos o al menos 100 valores relativos. Alternativamente, teniendo en cuenta solo un tren, en lugar de estadísticas, se pueden usar umbrales para identificar si el tren está dentro de estos valores relativos. Cada uno de los valores relativos determinados a partir de pasajes anteriores de vehículos ferroviarios se relaciona con el paso de un vehículo ferroviario en la vía. Los vehículos ferroviarios pueden ser diferentes vehículos ferroviarios que se mueven con diferentes velocidades.

El método puede comprender además proporcionar una señal de salida que comprende el valor de diferencia. El valor de diferencia se puede emplear para proporcionar señales de advertencia en caso de irregularidades.

Una señal detectada por un sensor acústico distribuido no comprende la información sobre qué vía de varias vías se está moviendo un vehículo ferroviario. Además, de una sola señal detectada por un sensor acústico distribuido no se puede obtener información detallada sobre el estado de la vía. Por lo tanto, el método proporcionado en la presente se refiere a la supervisión mejorada de una vía férrea mediante el empleo de un sensor acústico distribuido.

De acuerdo con el método proporcionado, en primer lugar, se detectan las señales de monitoreo iniciales. Las señales de monitoreo iniciales son señales de monitoreo determinadas a partir de pasajes anteriores de vehículos ferroviarios. Cada señal de monitoreo inicial comprende una pluralidad de valores de señal de monitoreo inicial. Las señales de monitoreo iniciales se detectan durante el paso de una pluralidad de vehículos ferroviarios en la vía a lo largo de la cual se dispone el sensor acústico distribuido. Las señales de monitoreo iniciales se detectan para el primer segmento de medición y para el segundo segmento de medición. Los vehículos ferroviarios pueden

5 ser diferentes vehículos ferroviarios y pueden moverse con diferentes velocidades. A partir de los valores de la  
 10 señal de monitoreo inicial del primer segmento de medición, se determinan los valores de la señal de monitoreo  
 del primer evento para el paso de diferentes vehículos ferroviarios. Además, a partir de los valores de la señal de  
 15 monitoreo inicial del segundo segmento de medición, se determinan los valores de la señal de monitoreo del  
 segundo evento para el paso de los mismos vehículos ferroviarios que para el primer segmento de medición. Para  
 el paso de cada vehículo ferroviario se determina un valor relativo como la diferencia relativa entre el primer valor  
 de señal de monitoreo de eventos y el segundo valor de señal de monitoreo de eventos. Esto significa que se  
 determina una pluralidad de valores relativos. El valor relativo promedio es el promedio de estos valores relativos.  
 El valor relativo promedio corresponde a una respuesta promedio del sensor acústico distribuido a una pluralidad  
 de vehículos ferroviarios. El valor relativo promedio se puede determinar para todos los segmentos de medición  
 del sensor acústico distribuido. En este caso, todos los valores relativos promedio juntos forman la huella dactilar  
 de una vía férrea. La huella dactilar tiene una forma específica para cada vía. La huella dactilar se refiere a la suma  
 de todas las vibraciones causadas por el paso de vehículos ferroviarios. Está influenciado por la forma de los rieles  
 y el entorno de la vía. La forma de la huella dactilar depende además de la distancia entre el sensor acústico  
 distribuido y la vía para los diferentes segmentos de medición.

20 En un segundo paso del método, se detectan señales de monitoreo que comprenden cada una una pluralidad de  
 valores de señal de monitoreo para el primer segmento de medición y para el segundo segmento de medición.  
 Esto significa que las señales de monitoreo se detectan de la misma manera que las señales de monitoreo iniciales.  
 Para el primer segmento de medición, el valor de la señal de monitoreo del primer evento se determina a partir de  
 los valores de la señal de monitoreo que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario sobre la posición  
 del primer segmento de medición. Para el segundo segmento de medición, el valor de la señal de monitoreo del  
 segundo evento se determina a partir de los valores de la señal de monitoreo que se detectan durante el paso del  
 vehículo ferroviario sobre la posición del segundo segmento de medición.

25 En un siguiente paso, el valor relativo promedio se compara con el valor relativo. El valor relativo es la diferencia  
 relativa entre el primer valor de señal de monitoreo de eventos y el segundo valor de señal de monitoreo de eventos.  
 Esto significa que se determina el valor de la diferencia. Estos pasos se pueden llevar a cabo para una pluralidad  
 de pares de segmentos de medición. Esto significa que el valor de diferencia se puede determinar para una  
 30 pluralidad de segmentos de medición del sensor acústico distribuido. Es posible determinar el valor de diferencia  
 para el primer segmento de medición y una pluralidad de otros segmentos de medición. Además, es posible  
 determinar el valor de diferencia para diferentes pares de segmentos de medición. Cada valor de diferencia se  
 determina a partir de los valores de la señal de monitoreo de dos segmentos de medición. Estos dos segmentos  
 de medición pueden ser el primer segmento de medición y el segundo segmento de medición. Además, es posible  
 35 que estos dos segmentos de medición sean el primer segmento de medición y otro segmento de medición distinto  
 del segundo segmento de medición.

40 Es ventajoso determinar las diferencias relativas y comparar estos valores entre sí. Tanto el valor relativo promedio  
 como el valor relativo se determinan a partir de diferencias relativas. Las desviaciones en los valores de la señal  
 de monitoreo debido a diferentes velocidades o pesos de los vehículos ferroviarios no se tienen en cuenta en las  
 diferencias relativas. Por lo tanto, una comparación de valores relativos con valores relativos promedio es más  
 significativa. Si un vehículo ferroviario que pasa y la vía por la que se mueve el vehículo ferroviario están intactos,  
 el valor de diferencia será pequeño. Esto significa que el valor relativo es aproximadamente el mismo que el valor  
 relativo promedio. Para condiciones inalteradas e intactas, los valores relativos para los segmentos de medición  
 45 del sensor acústico distribuido tienen aproximadamente el mismo valor que la huella dactilar. Sin embargo, la  
 amplitud de los valores de la señal de monitoreo puede variar debido a la velocidad o el peso de un vehículo  
 ferroviario. Para no tener en cuenta estas variaciones solo se comparan las diferencias relativas.

50 A partir del valor de diferencia se pueden determinar ciertas condiciones de la vía o del vehículo ferroviario. Por  
 ejemplo, los valores de diferencia pequeños se relacionan con el vehículo ferroviario que está en la vía. Los valores  
 de diferencia más grandes en distancias más largas pueden relacionarse con que el vehículo ferroviario esté en  
 otra vía paralela. Los valores de diferencia más grandes en ciertas posiciones a lo largo de la vía férrea pueden  
 estar relacionados con defectos o cambios de la vía férrea. Estos defectos o cambios pueden detectarse  
 inmediatamente cuando un vehículo ferroviario ha pasado la posición respectiva. Esto permite una reparación o  
 55 investigación rápida que mejora la seguridad general.

En consecuencia, el método descrito en la presente permite monitorear una vía férrea y determinar diferentes  
 condiciones del vehículo ferroviario y la vía férrea. Por lo tanto, se mejora la precisión del monitoreo.

60 De acuerdo con al menos una modalidad del método, el método comprende determinar para cada segmento de  
 medición el valor de diferencia para el segmento de medición respectivo y una pluralidad de otros segmentos de  
 medición. Esto significa que, para cada segmento de medición, se forman pares de este segmento de medición y  
 otro segmento de medición, respectivamente. Para cada par se lleva a cabo el paso de determinar el valor de la  
 diferencia. Es ventajoso determinar el valor de diferencia para pares de un segmento de medición y uno de una  
 65 pluralidad de otros segmentos de medición. Esto mejora la precisión de la determinación del valor de la diferencia.

De acuerdo con al menos una modalidad del método, el sensor acústico distribuido comprende una fibra óptica dispuesta a lo largo de la vía y las señales de monitoreo son señales retrodispersadas de una señal de entrada que se proporciona a la fibra óptica. La fibra óptica se puede colocar dentro del suelo cerca de la vía férrea. Además, es posible que la fibra óptica esté dispuesta sobre el suelo cerca de la vía férrea. La fibra óptica se extiende aproximadamente paralela a la vía férrea. La señal de entrada puede ser una señal óptica, por ejemplo, un pulso láser. La señal de entrada se proporciona a la fibra óptica en una entrada de la fibra óptica. Una pequeña parte de la luz láser se refleja de vuelta a la entrada ya que la luz láser se dispersa en sitios de dispersión, como por ejemplo impurezas en la fibra óptica que pueden ser naturales o artificiales. Los cambios en la señal retrodispersada están relacionados con cambios físicos en la fibra óptica que pueden ser causados por ruido, ruido estructural, vibraciones u ondas sonoras a lo largo de la fibra óptica. Por lo tanto, se puede detectar una señal retrodispersada cuando un vehículo ferroviario se está moviendo en la vía. Cada señal de monitoreo es una señal retrodispersada de una señal de entrada. Al evaluar la señal retrodispersada, se puede determinar la ubicación del ruido o del vehículo ferroviario a lo largo de la fibra óptica. Las señales de monitoreo se pueden analizar de diferentes maneras. Por lo tanto, se pueden monitorear los vehículos ferroviarios que se mueven en la vía.

De acuerdo con al menos una realización del método, un valor umbral superior viene dado por el producto de la varianza del valor relativo promedio y un valor  $k$ , y se determina si el valor de diferencia excede el valor umbral superior. La varianza del valor relativo promedio es la desviación estándar del valor relativo promedio. El valor  $k$  es una constante predefinida. Esto significa que el valor  $k$  es un factor de escala para el valor umbral superior. El valor umbral superior puede ser una medida de cuánto se desvía típicamente el valor relativo del valor relativo promedio. Si el valor de diferencia excede el valor umbral superior, el valor relativo no está en el rango esperado. En este caso, se puede proporcionar una señal de advertencia. El valor umbral superior puede ser diferente para cada segmento de medición. La situación en la que el valor de diferencia excede el valor umbral superior puede ser causada por un defecto del riel o del vehículo ferroviario, u otros cambios en el riel o en el vehículo ferroviario. Al determinar el valor umbral superior, es posible monitorear los vehículos ferroviarios en la vía con una precisión mejorada a medida que se detectan desviaciones de un comportamiento típico.

En lugar de la varianza, la desviación estándar se puede utilizar para determinar el valor umbral superior.

En el caso de un solo tren, la varianza y/o desviación estándar es **1**, por lo que el valor umbral superior es igual al valor  $k$ .

De acuerdo con al menos una realización del método, un valor umbral inferior viene dado por el producto de la varianza del valor relativo promedio y un valor  $l$ , y se determina si el valor de diferencia está por debajo del valor umbral inferior. La varianza del valor relativo promedio es la desviación estándar del valor relativo promedio. El valor  $l$  es una constante predefinida. Esto significa que el valor  $l$  es un factor de escala para el valor umbral inferior. El valor umbral inferior puede ser una medida de cuánto se desvía típicamente el valor relativo del valor relativo promedio. Si el valor de diferencia está por debajo del valor umbral inferior, el valor relativo no está en el rango esperado. En este caso, se puede proporcionar una señal de advertencia. El valor umbral inferior puede ser diferente para cada segmento de medición. La situación de que el valor de diferencia esté por debajo del valor umbral inferior puede ser causada por un defecto del riel o del vehículo ferroviario, u otros cambios en el riel o en el vehículo ferroviario. Al determinar el valor umbral más bajo, es posible monitorear los vehículos ferroviarios en la vía con una precisión mejorada a medida que se detectan desviaciones de un comportamiento típico.

En lugar de la varianza, la desviación estándar se puede utilizar para determinar el valor umbral inferior.

En el caso de un solo tren, la varianza y/o desviación estándar es **1**, por lo que el valor umbral inferior es igual al valor  $l$ .

Las desviaciones del valor relativo del valor relativo promedio pueden relacionarse con diferentes situaciones. Por ejemplo, si el valor de diferencia excede el valor umbral superior, puede haber un defecto en el riel. En este caso, el valor de diferencia solo excede el valor umbral superior para un número limitado de segmentos de medición. Si un riel tiene un defecto, un vehículo ferroviario que pasa emite más energía en la posición del defecto, por ejemplo, debido al aumento de la fricción. Por lo tanto, los valores de la señal de monitoreo tienen una amplitud más alta en la posición de un defecto en o del riel. En consecuencia, para esta posición el valor de diferencia es mayor. Como un defecto en o del riel generalmente no se extiende a largas distancias, sino que está muy localizado, solo unos pocos segmentos de medición mostrarán un mayor valor de diferencia. Si el valor de diferencia se desvía de su valor esperado para un gran número de segmentos de medición, esto puede ser causado por el desgaste del riel. Por lo tanto, a partir del análisis del valor de diferencia es posible localizar defectos u otros cambios en o del riel.

De acuerdo con al menos una realización del método, el primer segmento de medición y el segundo segmento de medición se refieren cada uno a una distancia predefinida a lo largo del sensor acústico distribuido. El sensor acústico distribuido se divide en una pluralidad de segmentos de medición. Cada uno de los segmentos de medición puede tener la misma longitud a lo largo del sensor acústico distribuido. Los segmentos de medición se suceden directamente entre sí. La longitud de un segmento de medición puede estar relacionada con la resolución de la señal retrodispersada a lo largo de la fibra óptica. Por lo tanto, cada segmento de medición, también el primer

segmento de medición y el segundo segmento de medición, se refiere a un punto de datos en la señal retrodispersada. Una pequeña longitud de los segmentos de medición se relaciona con una alta resolución y, por lo tanto, permite un monitoreo preciso de los vehículos ferroviarios en la vía.

5 De acuerdo con al menos una realización del método, el primer valor de señal de monitoreo de eventos es proporcional a la suma de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del primer segmento de medición o el primer valor de señal de monitoreo de eventos es proporcional al promedio de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del primer segmento de medición. La señal retrodispersada es proporcional a la energía emitida en la posición respectiva de un segmento de medición. Dado que el primer valor de señal de monitoreo de eventos es proporcional a la suma de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del primer segmento de medición, el primer valor de señal de monitoreo de eventos es una medida de la energía emitida por el vehículo ferroviario respectivo. Esto puede significar que el primer valor de la señal de monitoreo de eventos es la suma de los valores de la señal de monitoreo que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario sobre la posición del primer segmento de medición. Además, es posible que el primer valor de señal de monitoreo de eventos sea proporcional a la suma de los valores de señal de monitoreo que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario sobre la posición del primer segmento de medición. Dado que el sensor acústico distribuido no está en contacto directo con el riel, sino que está dispuesto separado, el primer valor de la señal de monitoreo de eventos solo es proporcional a la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa, pero no proporciona el valor exacto de la energía. Además, es posible que el primer valor de señal de monitoreo de eventos sea proporcional al promedio de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del primer segmento de medición. Esto significa que el primer valor de la señal de monitoreo de eventos es el promedio de los valores de la señal de monitoreo que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario sobre la posición del primer segmento de medición. Es ventajoso detectar una medida de la energía emitida por un vehículo ferroviario que pasa, ya que esta energía se puede cambiar por la situación de un defecto u otros cambios en el vehículo ferroviario o en los rieles. Por lo tanto, al analizar los valores de la señal de monitoreo, se pueden detectar defectos u otros cambios en los vehículos ferroviarios o en los rieles. La detección de defectos y otros cambios es necesaria para cumplir con los requisitos de seguridad.

De acuerdo con al menos una realización del método, el segundo valor de señal de monitoreo de eventos es proporcional a la suma de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del segundo segmento de medición o el segundo valor de señal de monitoreo de eventos es proporcional al promedio de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del segundo segmento de medición. Además, es posible que para cada segmento de medición el valor de la señal de monitoreo de eventos respectivo sea proporcional a la suma de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del segmento de medición respectivo o que el valor de la señal de monitoreo de eventos respectivo sea proporcional al promedio de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del segmento de medición respectivo.

De acuerdo con al menos una realización del método, la diferencia relativa se refiere a la proporción respectiva. Esto significa que el término diferencia relativa entre dos valores se refiere a la proporción entre estos dos valores. Además, es posible que el término diferencia relativa entre dos valores se refiera a una diferencia porcentual entre estos dos valores. Comparar solo las diferencias relativas tiene la ventaja de que no se tiene en cuenta la diferencia de velocidad o peso de los vehículos ferroviarios. Por lo tanto, las desviaciones del funcionamiento normal se pueden detectar más fácilmente.

De acuerdo con al menos una realización del método, cada valor de señal de monitoreo es una proporción de señal a ruido. Los valores de la señal de monitoreo dan la amplitud de la señal de monitoreo para el segmento de medición respectivo. Para el cálculo y análisis adicional, la proporción señal-ruido de estas amplitudes se emplea como los valores de la señal de monitoreo. Además, es posible emplear solo un rango específico de frecuencias de los valores de la señal de monitoreo. Estas dos posibilidades permiten filtrar el ruido de los valores de la señal de monitoreo. De esta manera, se mejora la precisión del monitoreo.

De acuerdo con al menos una realización del método, los valores de la señal de monitoreo se relacionan con la amplitud de la señal de monitoreo detectada respectiva. Esto significa que un valor de señal de monitoreo proporciona la amplitud de la señal de monitoreo para el segmento de medición respectivo.

De acuerdo con al menos una realización del método, el método comprende además determinar la velocidad de un vehículo ferroviario que pasa sobre la posición del primer segmento de medición y normalizar el primer valor de señal de monitoreo de eventos con respecto a la velocidad del vehículo ferroviario. La velocidad de un vehículo ferroviario influye en la amplitud de la señal retrodispersada y, por lo tanto, de la señal de monitoreo. Cuanto mayor es la velocidad de un vehículo ferroviario, mayor es la amplitud. La velocidad de un vehículo ferroviario en la vía se puede determinar a partir de la señal de monitoreo. Por ejemplo, se pueden comparar las señales de monitoreo en diferentes momentos y, a partir de la diferencia en la ubicación del vehículo ferroviario, se puede determinar su velocidad. Además, es posible emplear otros sensores para determinar la velocidad de un vehículo ferroviario, por ejemplo, sensores de ruedas. El primer valor de la señal de monitoreo de eventos se puede normalizar con respecto a una velocidad predefinida. Esto significa que, para velocidades por encima y por debajo de la velocidad predefinida, el valor de la señal de monitoreo del primer evento se puede multiplicar por un factor de normalización.

Con la normalización se elimina el impacto de la velocidad del vehículo ferroviario sobre la amplitud de la señal de monitorización. Después de la normalización, los valores de la señal de monitoreo del primer evento para diferentes segmentos de medición o para diferentes vehículos ferroviarios se pueden comparar entre sí incluso si el vehículo ferroviario se mueve con diferentes velocidades en los diferentes segmentos de medición o si los diferentes vehículos ferroviarios se mueven con diferentes velocidades. Dado que la velocidad de los vehículos ferroviarios ya no influye en los valores de la señal de monitoreo, se mejora la precisión general del monitoreo.

De acuerdo con al menos una realización del método, el método comprende además determinar la velocidad de un vehículo ferroviario que pasa sobre la posición del segundo segmento de medición y normalizar el segundo valor de señal de monitoreo de evento con respecto a la velocidad del vehículo ferroviario. Además, es posible que para cada segmento de medición el método comprenda además determinar la velocidad de un vehículo que pasa sobre la posición del segmento de medición respectivo y normalizar el valor de la señal de monitoreo de eventos respectivo con respecto a la velocidad del vehículo ferroviario.

De acuerdo con al menos una realización del método para determinar los valores relativos de pasajes anteriores de vehículos ferroviarios, la posición en la vía de estos vehículos ferroviarios se determina empleando información adicional sobre el movimiento de los vehículos ferroviarios. Para determinar los valores iniciales de la señal de monitoreo es necesario conocer la ubicación de los vehículos ferroviarios en movimiento y en qué vía se mueven. Solo de esta manera los valores de la señal de monitoreo inicial detectados pueden relacionarse con el movimiento de un vehículo ferroviario en la vía correcta. La información adicional sobre el movimiento de los vehículos ferroviarios se puede obtener a partir de un análisis de las señales de monitoreo. Por ejemplo, se puede analizar la forma de las señales de monitoreo durante el movimiento de un vehículo ferroviario para que se pueda determinar para qué segmentos de medición se relaciona la señal de monitoreo con la presencia de un vehículo ferroviario. Además, es posible emplear otros sensores o información para determinar la posición exacta de los vehículos ferroviarios. Por ejemplo, se pueden emplear sensores de ruedas para determinar en qué vía se mueve un vehículo ferroviario. Como los valores iniciales de la señal de monitoreo se detectan en condiciones donde se conoce la ubicación de los vehículos ferroviarios en movimiento, los valores iniciales de la señal de monitoreo se pueden emplear para determinar la huella dactilar de una vía.

De acuerdo con al menos una realización del método, se determina una correlación entre el valor relativo promedio y el valor relativo. Esto significa que el valor relativo se compara con el valor relativo promedio. Es posible que se determine una relación cruzada entre el valor relativo promedio y el valor relativo. Además, es posible que se determine una correlación ponderada entre el valor relativo promedio y el valor relativo. La correlación entre el valor relativo promedio y el valor relativo se puede determinar para una pluralidad de segmentos de medición del sensor acústico distribuido. Esto significa que el valor relativo se compara con la huella dactilar de la vía. La correlación se puede determinar entre diferentes valores relativos y la huella dactilar de la vía respectiva. En caso de una alta correlación, el vehículo ferroviario se mueve en la vía respectiva. En caso de una pequeña correlación, el vehículo ferroviario podría estar moviéndose en otra vía o puede haber un defecto en el riel o en el vehículo ferroviario. De esta manera, es posible determinar si un vehículo ferroviario se mueve en una determinada vía. En el monitoreo de vehículos ferroviarios es importante saber en qué vía se mueve un vehículo ferroviario para seguir continuamente el movimiento de cada vehículo ferroviario. Además, en caso de un defecto o cambio en un riel, es necesario saber en qué vía se encuentra el defecto o cambio.

De acuerdo con al menos una realización del método, se determina una primera correlación entre el valor relativo promedio y el valor relativo y donde se determina una segunda correlación entre un valor relativo promedio de otra vía y el valor relativo. La primera correlación y la segunda correlación pueden ser cada una correlación cruzada. Además, es posible que la primera correlación y la segunda correlación sean cada una correlación ponderada. La primera correlación y la segunda correlación se pueden determinar para una pluralidad de segmentos de medición del sensor acústico distribuido. Si un vehículo ferroviario se está moviendo en la vía, la primera correlación es significativamente mayor que la segunda correlación. Si el vehículo ferroviario se mueve por la otra vía, la segunda correlación es significativamente mayor que la primera correlación. Esto significa que la primera correlación se refiere a una primera vía y la segunda correlación se refiere a una segunda vía. La primera vía y la segunda vía están dispuestas una al lado de la otra. Se determina para qué vía el valor relativo está más correlacionado con el valor relativo promedio respectivo. Esto también es posible para más de dos vías dispuestas una al lado de la otra. De esta manera, se puede determinar en qué vía se mueve un vehículo ferroviario.

De acuerdo con al menos una realización del método, el método se lleva a cabo para una pluralidad de primeros segmentos de medición y una pluralidad de segundos segmentos de medición. De esta manera, el movimiento de los vehículos ferroviarios en la vía se puede monitorear a largas distancias, es decir, para una pluralidad de segmentos de medición. Por lo tanto, el método permite monitorear el tráfico ferroviario en toda la vía.

De acuerdo con al menos una realización del método después de determinar un valor relativo, uno de los valores relativos determinados a partir de pasajes previos de vehículos ferroviarios se reemplaza por dicho valor relativo. Este proceso permite una actualización de los valores relativos que se emplean para determinar el valor relativo promedio. Los valores relativos se determinan uno después del otro. Para la actualización, el valor relativo que se determinó al principio se reemplaza por el último valor relativo. Es posible que cada vez que se determine un valor

relativo reemplace uno de los valores relativos para ese segmento de medición. El número total de valores relativos a partir de los cuales se determina el valor relativo promedio puede permanecer constante. Alternativamente, se puede elegir manualmente qué valores relativos reemplazan a los valores relativos más antiguos. Al reemplazar los valores relativos, se tienen en cuenta pequeños cambios de la vía que pueden surgir, por ejemplo, durante diferentes estaciones o debido al desgaste del riel. De esta manera, se mejora la precisión del monitoreo.

De acuerdo con al menos una realización del método, los valores relativos que contribuyen al valor relativo promedio se multiplican por diferentes factores de ponderación. Los factores de ponderación pueden ser mayores cuanto más real **sea el valor relativo respectivo**. Esta es otra forma de actualizar los valores relativos. De esta manera, los nuevos valores relativos adquieren más peso en el valor relativo promedio que los más antiguos.

De acuerdo con al menos una realización del método, el método comprende además reemplazar valores relativos para segmentos de medición seleccionables por valores relativos que se determinaron después de los valores relativos que se van a reemplazar. Esto significa que, para los segmentos de medición seleccionables, los valores relativos pueden reemplazarse por valores relativos actualizados. Esto puede ser ventajoso, por ejemplo, si el riel se repara o reemplaza en una posición. Para esta posición, todos los valores relativos pueden reemplazarse por valores relativos que se determinaron después de la reparación o reemplazo del riel. Después de una reparación o reemplazo del riel, los valores relativos pueden ser diferentes de los valores relativos anteriores. Para evitar interpretaciones erróneas, es ventajoso reemplazar los valores relativos más antiguos por los valores relativos que se determinan después de la reparación o reemplazo del riel. Para ello se sustituyen los valores relativos de los segmentos de medición alrededor de la posición reparada. Con este proceso de actualización de los valores relativos se mejora la precisión del monitoreo.

Además, se proporciona un sistema de monitoreo para monitorear una vía férrea. El sistema de monitoreo se puede emplear preferentemente en los métodos descritos en la presente. Esto significa que todas las características divulgadas para el método para monitorear una vía férrea también se divulgan para el sistema de monitoreo para monitorear una vía férrea y viceversa.

En al menos una realización del sistema de monitoreo para monitorear una vía férrea, el sistema de monitoreo comprende una unidad de evaluación que está conectada a un sensor acústico distribuido que está dispuesto a lo largo de la vía. La unidad de evaluación se puede configurar para recibir datos del sensor acústico distribuido. Además, la unidad de evaluación se puede configurar para analizar los datos recibidos del sensor acústico distribuido.

La unidad de evaluación comprende una unidad de detección que está configurada para recibir señales de monitoreo que son detectadas por el sensor acústico distribuido, donde cada señal de monitoreo comprende un valor de señal de monitoreo para un primer segmento de medición del sensor acústico distribuido y un valor de señal de monitoreo para un segundo segmento de medición del sensor acústico distribuido. La unidad de detección se puede conectar con una entrada de la unidad de evaluación.

La unidad de evaluación comprende una unidad de eventos que está configurada para determinar un primer valor de señal de monitoreo de eventos para el primer segmento de medición a partir de los valores de señal de monitoreo que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario sobre la posición del primer segmento de medición, y para determinar un segundo valor de señal de monitoreo de eventos para el segundo segmento de medición a partir de los valores de señal de monitoreo que se detectan durante el paso del vehículo ferroviario sobre la posición del segundo segmento de medición. La unidad de eventos se puede conectar con la unidad de detección.

La unidad de evaluación comprende una unidad comparadora que está configurada para determinar un valor de diferencia donde el valor de diferencia se refiere a la diferencia entre un valor relativo promedio y un valor relativo, donde el valor relativo viene dado por la diferencia relativa entre el primer valor de señal de monitoreo de eventos y el segundo valor de señal de monitoreo de eventos, y el valor relativo promedio se refiere a un valor promedio de valores relativos determinados a partir de pasajes previos de vehículos ferroviarios. La unidad comparadora se puede conectar con la unidad de eventos. El valor relativo promedio se puede almacenar en una unidad de almacenamiento. La unidad de almacenamiento se puede conectar con la unidad comparadora.

Al emplear el método para monitorear una vía férrea con el sistema de monitoreo, se habilita un monitoreo con una precisión mejorada.

La siguiente descripción de las figuras puede ilustrar y explicar adicionalmente realizaciones ejemplares. Los componentes que son funcionalmente idénticos o tienen un efecto idéntico se indican con referencias idénticas. Los componentes idénticos o efectivamente idénticos pueden describirse solo con respecto a las figuras donde aparecen primero. Su descripción no se repite necesariamente en figuras sucesivas.

Con la figura 1 se describe una realización ejemplar del método para monitorear una vía férrea.

Las Figuras 2, 3 y 4 muestran realizaciones ejemplares del sistema de monitoreo para monitorear una vía férrea.

Las Figuras 5 y 6 muestran señales ejemplares empleadas en el método para monitorear una vía férrea.

- 5 Con la figura 1 se describen los pasos de una realización ejemplar del método para monitorear una vía ferroviaria 11. El orden de los pasos puede ser diferente del orden proporcionado aquí.

10 En un primer paso S1, las señales de monitoreo iniciales son detectadas por un sensor acústico distribuido 10 que está dispuesto a lo largo de la vía 11. Las señales de monitorización iniciales se detectan durante el paso de los vehículos ferroviarios por la vía 11. El sensor acústico distribuido 10 se divide en una pluralidad de segmentos de medición 12, 22. Cada segmento de medición 12, 22 se refiere a una distancia predefinida a lo largo del sensor acústico distribuido 10. Las señales de monitoreo iniciales se detectan especialmente para un primer segmento de medición 12 y para un segundo segmento de medición 22. Cada señal de monitoreo inicial comprende una pluralidad de valores de señal de monitoreo inicial IV. Cada señal de monitoreo inicial comprende un valor de señal de monitoreo inicial IV para cada segmento de medición 12, 22.

15 En un segundo paso S2 se determinan los primeros valores de señal de monitoreo de eventos EV1 y los segundos valores de señal de monitoreo de eventos EV2. Cada primer valor de señal de monitoreo de eventos EV1 se determina a partir de los valores de señal de monitoreo iniciales IV que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario sobre la posición del primer segmento de medición 12. Por ejemplo, cada primer valor de señal de monitoreo de eventos EV1 es proporcional a la suma de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del primer segmento de medición 12 o el primer valor de señal de monitoreo de eventos EV1 es proporcional al promedio de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del primer segmento de medición 12. Cada segundo valor de señal de monitoreo de evento EV2 se determina a partir de los valores de señal de monitoreo iniciales IV que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario sobre la posición del segundo segmento de medición 22. Por ejemplo, cada segundo valor de señal de monitoreo de eventos EV2 es proporcional a la suma de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del segundo segmento de medición 22 o el segundo valor de señal de monitoreo de eventos EV2 es proporcional al promedio de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del segundo segmento de medición 22.

20 Para determinar los valores iniciales de la señal de monitoreo IV que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario en la vía 11, es necesario saber dónde se mueven los vehículos ferroviarios en qué vía 11. La posición a lo largo de la vía 11 de estos vehículos ferroviarios se puede determinar empleando información adicional sobre el movimiento de los vehículos ferroviarios. Esta información se obtiene, por ejemplo, mediante un análisis adicional de las señales de monitoreo MS. El paso de detectar los valores iniciales de la señal de monitoreo IV y, por lo tanto, determinar el primer y segundo valores de la señal de monitoreo de eventos EV1, EV2 se puede repetir varias veces. De esta manera, para cada segmento de medición 12, 22 se obtiene una pluralidad de valores de señal de monitoreo de eventos EV1, EV2.

25 En un tercer paso S3 se determinan los valores relativos RV. Cada valor relativo RV se refiere a la diferencia relativa entre un primer valor de señal de monitoreo de eventos EV1 y un segundo valor de señal de monitoreo de eventos EV2. La diferencia relativa puede ser la proporción respectiva. A partir de los valores relativos RV se determina un valor relativo promedio ARV. El valor relativo promedio ARV es un valor promedio de los valores relativos RV. El valor relativo promedio de ARV se puede determinar para cada segmento de medición 12, 22. La totalidad de los valores relativos promedio ARV para una vía 11 se conoce como la huella dactilar de esa vía 11.

30 En un cuarto paso S4, las señales de monitoreo MS son detectadas por el sensor acústico distribuido 10. Cada señal de monitoreo MS comprende un valor de señal de monitoreo MSV para el primer segmento de medición 12 del sensor acústico distribuido 10 y un valor de señal de monitoreo MSV para el segundo segmento de medición 22 del sensor acústico distribuido 10. En lugar del respectivo valor de señal de monitoreo MSV, se puede emplear la proporción señal-ruido de cada valor de señal de monitoreo MSV para mejorar la precisión del método.

35 En un quinto paso S5, se determina un primer valor de señal de monitoreo de evento EV1 para el primer segmento de medición 12 a partir de los valores de señal de monitoreo MSV que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario sobre la posición del primer segmento de medición 12. Además, se determina un segundo valor de señal de monitoreo de evento EV2 para el segundo segmento de medición 22 a partir de los valores de señal de monitoreo MSV que se detectan durante el paso del vehículo ferroviario sobre la posición del segundo segmento de medición 22. Por ejemplo, el primer valor de señal de monitoreo de eventos EV1 es proporcional a la suma de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del primer segmento de medición 12 o el primer valor de señal de monitoreo de eventos EV1 es proporcional al promedio de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del primer segmento de medición 12. Por ejemplo, cada segundo valor de señal de monitoreo de eventos EV2 es proporcional a la suma de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del segundo segmento de medición 22 o el segundo valor de señal de monitoreo de eventos EV2 es proporcional al promedio de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del segundo segmento de medición 22. Este paso se puede repetir para una pluralidad de otros segmentos de medición 12, 22. Cada valor de señal de monitoreo de eventos EV1, EV2 es proporcional a la energía emitida por el respectivo vehículo ferroviario que pasa

dentro del respectivo segmento de medición 12, 22.

En un sexto paso S6 se determina un valor relativo RV. El valor relativo RV viene dado por la diferencia relativa entre el primer valor de señal de monitoreo de eventos EV1 y el segundo valor de señal de monitoreo de eventos EV2 determinado en el quinto paso S5.

En un séptimo paso S7 se determina un valor de diferencia DV. El valor de diferencia DV se relaciona con la diferencia entre el valor relativo promedio ARV y el valor relativo RV. El valor relativo promedio ARV y el valor relativo RV se determinan para los mismos dos segmentos de medición 12, 22.

En un octavo paso opcional S8, el valor de diferencia DV se compara con un valor umbral superior UT. El valor umbral superior UT viene dado por el producto de la varianza del valor relativo promedio ARV y un valor  $k$ , y se determina si el valor de diferencia DV excede el valor umbral superior UT. Además, el valor de diferencia DV se compara con un valor umbral inferior LT. El valor umbral inferior LT viene dado por el producto de la varianza del valor relativo promedio ARV y un valor  $l$ , y se determina si el valor de diferencia DV está por debajo del valor umbral inferior LT. De esta manera, se pueden detectar desviaciones que son mayores que las desviaciones típicas. Si el valor de diferencia DV excede el valor umbral superior UT o está por debajo del valor umbral inferior LT, se puede proporcionar una señal de advertencia WS.

La precisión del método se puede mejorar aún más determinando la velocidad de un vehículo ferroviario que pasa sobre la posición del primer segmento de medición 12 y normalizando el primer valor de señal de monitoreo de eventos EV1 con respecto a la velocidad del vehículo ferroviario. Además, se puede determinar la velocidad de un vehículo ferroviario que pasa sobre la posición del segundo segmento de medición 22 y el segundo valor de señal de monitoreo de eventos EV2 se puede normalizar con respecto a la velocidad del vehículo ferroviario.

En un paso adicional opcional del método, se determina una correlación entre el valor relativo promedio ARV y el valor relativo RV. Si varias vías 11 están dispuestas una al lado de la otra, para cada vía 11 se determina una correlación entre el valor relativo promedio ARV y el valor relativo RV.

Con el fin de mejorar aún más la precisión del método, es posible, después de determinar un valor relativo RV, reemplazar uno de los valores relativos RV determinados a partir de pasajes anteriores de vehículos ferroviarios por dicho valor relativo RV. Esta actualización de los valores relativos RV se puede hacer de forma continua. Esto significa que, para cada segmento de medición 12, 22 y para cada valor relativo determinado RV, el valor relativo actual RV reemplaza un valor relativo RV para el segmento de medición respectivo 12, 22. Por ejemplo, en cada caso se reemplaza el valor relativo más antiguo RV. El número total de valores relativos RV puede permanecer constante. Además, es posible reemplazar los valores relativos RV para los segmentos de medición seleccionables 12, 22 por valores relativos RV que se determinaron después de los valores relativos RV que se van a reemplazar. Este reemplazo manual puede ser ventajoso si se reparó un riel o se reemplazó una parte de un riel. Por lo tanto, la precisión del método se mejora reemplazando los valores relativos RV por valores relativos RV que se determinaron después de la reparación o reemplazo del riel.

El método se puede llevar a cabo para una pluralidad de primeros segmentos de medición 12 y una pluralidad de segundos segmentos de medición 22.

En la figura 2 se muestra una realización ejemplar de un sistema de monitoreo 15 para monitorear una vía férrea 11. El sistema de monitoreo 15 comprende una unidad de evaluación 16 que está conectada a un sensor acústico distribuido 10 que está dispuesto a lo largo de la vía 11. La unidad de evaluación 16 comprende una entrada 21 que está conectada con una salida 13 del sensor acústico distribuido 10. La unidad de evaluación 16 comprende una unidad de detección 17 que está configurada para recibir señales de monitoreo MS que son detectadas por el sensor acústico distribuido 10, donde cada señal de monitoreo MS comprende un valor de señal de monitoreo MSV para un primer segmento de medición 12 del sensor acústico distribuido 10 y un valor de señal de monitoreo MSV para un segundo segmento de medición 22 del sensor acústico distribuido 10. La unidad de evaluación 16 comprende además una unidad de eventos 18 que está configurada para determinar un primer valor de señal de monitoreo de eventos EV1 para el primer segmento de medición 12 a partir de los valores de señal de monitoreo MSV que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario sobre la posición del primer segmento de medición 12, y para determinar un segundo valor de señal de monitoreo de eventos EV2 para el segundo segmento de medición 22 a partir de los valores de señal de monitoreo MSV que se detectan durante el paso del vehículo ferroviario sobre la posición del segundo segmento de medición 22. La unidad de detección 17 está conectada con la unidad de eventos 18. La unidad de evaluación 16 comprende además una unidad comparadora 19 que está configurada para determinar un valor de diferencia DV donde el valor de diferencia DV se refiere a la diferencia entre un valor relativo promedio ARV y un valor relativo RV, donde el valor relativo RV viene dado por la diferencia relativa entre el primer valor de señal de monitoreo de eventos EV1 y el segundo valor de señal de monitoreo de eventos EV2. La unidad comparadora 19 está conectada con la unidad de eventos 18. Además, la unidad comparadora 19 está conectada con una unidad de almacenamiento 20 donde se almacenan los valores relativos promedio ARV. La unidad comparadora 19 está conectada con una salida 13 de la unidad de evaluación 16 donde se puede proporcionar una señal de advertencia WS. El sistema de monitoreo 15 puede comprender el sensor

acústico distribuido 10.

5 En la figura 3 se muestra la realización del sistema de monitorización 15 junto con el sensor acústico distribuido 10 y una vía férrea 11. La unidad de evaluación 16 del sistema de monitoreo 15 está conectada con el sensor acústico distribuido 10. El sensor acústico distribuido 10 comprende una fibra óptica 14 que está dispuesta a lo largo de la vía 11. Por lo tanto, las señales de monitoreo MS son señales retrodispersadas de una señal de entrada IN que se proporciona a la fibra óptica 14.

10 El sensor acústico distribuido 10 se divide en una pluralidad de segmentos de medición 12, 22. Como ejemplo, se muestran cuatro segmentos de medición 12, 22. Cada segmento de medición 12, 22 se refiere a una longitud predefinida a lo largo de la fibra óptica 14 del sensor acústico distribuido 10.

15 En la figura 4 se muestra otra realización ejemplar del sistema de monitoreo 15. La única diferencia con la realización mostrada en la figura 3 es que dos vías 11 están dispuestas una al lado de la otra. Al emplear el método descrito en la presente, es posible determinar en cuál de las vías 11 se mueve un vehículo ferroviario.

20 La Figura 5 muestra los valores relativos promedio de ARV para una vía ferroviaria 11. En el eje x la distancia a lo largo de la vía 11 se traza en unidades arbitrarias y en el eje y la amplitud se traza en unidades arbitrarias. La línea continua muestra los valores relativos promedio de ARV trazados en sus posiciones a lo largo de la vía 11. Esto significa que esta línea es la huella dactilar de la vía 11. Las líneas discontinuas son valores relativos RV que se detectan después de que se determinó la huella dactilar. Para la mayoría de los segmentos de medición 12, 22, los valores relativos RV se encuentran dentro del rango de los valores relativos promedio ARV. Sin embargo, para algunos segmentos de medición 12, 22, los valores relativos RV son más altos que los valores relativos promedio AV. Un defecto o un cambio del riel en esta posición puede ser la razón del aumento de los valores relativos RV.

25 La Figura 6 muestra los valores relativos promedio de ARV para dos vías ferroviarias 11. En el eje x la distancia a lo largo de las vías 11 se traza en unidades arbitrarias y en el eje y la amplitud se traza en unidades arbitrarias. La línea continua muestra los valores relativos promedio de ARV para una primera vía 11. La línea discontinua muestra los valores relativos promedio de ARV para una segunda vía 11. Se puede ver que los valores relativos promedio de ARV difieren significativamente para las dos vías 11. Por lo tanto, al emplear el método descrito en la presente, es posible distinguir en cuál de las vías 11 se mueve un vehículo ferroviario.

**Números de referencia**

- 35 10: sensor acústico distribuido  
 11: vía  
 12: primer segmento de medición  
 13: salida  
 14: fibra óptica  
 40 15: sistema de monitoreo  
 16: unidad de evaluación  
 17: unidad de detección  
 18: unidad de eventos  
 19: unidad comparadora  
 45 20: unidad de almacenamiento  
 21: entrada  
 22: segundo segmento de medición  
 ARV: valor relativo promedio  
 DV: valor de diferencia  
 50 EV1: valor de la señal de monitoreo del primer evento  
 EV2: valor de la señal de monitoreo del segundo evento  
 IN: señal de entrada  
 IV: valor inicial de la señal de monitoreo  
 MS: señal de monitoreo  
 55 MSV: valor de la señal de monitoreo  
 VR: valor relativo  
 UT: valor umbral superior  
 LT: valor umbral inferior  
 WS: señal de advertencia  
 60 S1-S8: pasos

**REIVINDICACIONES**

1. Método para monitorear una vía férrea (11), el método comprende:

- 5 - detectar señales de monitoreo (MS) mediante un sensor acústico distribuido (10) que está dispuesto a lo largo de la vía (11), donde cada señal de monitoreo (MS) comprende un valor de señal de monitoreo (MSV) para un primer segmento de medición (12) del sensor acústico distribuido (10) y un valor de señal de monitoreo (MSV) para un segundo segmento de medición (22) del sensor acústico distribuido (10),
- 10 - determinar un primer valor de señal de monitoreo de eventos (EV1) para el primer segmento de medición (12) a partir de los valores de señal de monitoreo (MSV) que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario sobre la posición del primer segmento de medición (12),
- determinar un segundo valor de señal de monitoreo de evento (EV2) para el segundo segmento de medición (22) a partir de los valores de señal de monitoreo (MSV) que se detectan durante el paso del
- 15 - determinar un valor de diferencia (DV) donde el valor de diferencia (DV) se refiere a la diferencia entre un valor relativo promedio (ARV) y un valor relativo (RV), donde el valor relativo (RV) viene dado por la diferencia relativa entre el primer valor de señal de monitoreo de eventos (EV1) y el segundo valor de señal de monitoreo de eventos (EV2), en donde
- 20 - el valor relativo promedio (ARV) se refiere a un valor promedio de valores relativos (RV) determinados a partir de pasajes anteriores de vehículos ferroviarios.

2. Método para monitorizar una vía férrea (11) de acuerdo con la reivindicación anterior, en donde el sensor acústico distribuido (10) comprende una fibra óptica (14) dispuesta a lo largo de la vía (11) y las señales de monitorización (MS) son señales retrodispersadas de una señal de entrada (IN) que se proporciona a la fibra óptica (14).

3. Método para monitorear una vía férrea (11) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde un valor umbral superior (UT) viene dado por el producto de la varianza o desviación estándar del valor relativo promedio (ARV) y un valor k, en donde el valor k es una constante predefinida, y se determina si el valor de diferencia (DV) excede el valor umbral superior (UT).

4. Método para monitorear una vía férrea (11) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde un valor umbral inferior (LT) viene dado por el producto de la varianza o desviación estándar del valor relativo promedio (ARV) y un valor l, donde el valor l es una constante predefinida, y se determina si el valor de diferencia (DV) está por debajo del valor umbral inferior (LT).

5. Método para monitorear una vía férrea (11) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer segmento de medición (12) y el segundo segmento de medición (22) se relacionan cada uno con una distancia predefinida a lo largo del sensor acústico distribuido (10).

6. Método para monitorear una vía férrea (11) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer valor de señal de monitoreo de eventos (EV1) es proporcional a la suma de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del primer segmento de medición (12) o el primer valor de señal de monitoreo de eventos (EV1) es proporcional al promedio de la energía emitida por el vehículo ferroviario que pasa dentro del primer segmento de medición (12).

7. Método para monitorear una vía férrea (11) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde la diferencia relativa se refiere a la proporción respectiva.

8. Método para monitorear una vía férrea (11) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde cada valor de señal de monitoreo (MSV) es una proporción de señal a ruido.

9. Método para monitorear una vía férrea (11) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el método comprende además determinar la velocidad de un vehículo ferroviario que pasa sobre la posición del primer segmento de medición (12) y normalizar el primer valor de señal de monitoreo de eventos (EV1) con respecto a la velocidad del vehículo ferroviario.

10. Método para monitorear una vía férrea (11) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde para determinar los valores relativos (RV) de pasajes anteriores de vehículos ferroviarios, la posición en la vía (11) de estos vehículos ferroviarios se determina empleando información adicional sobre el movimiento de los vehículos ferroviarios.

11. Método para monitorear una vía férrea (11) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde se determina una correlación entre el valor relativo promedio (ARV) y el valor relativo (RV).

12. Método para monitorear una vía férrea (11) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde se determina una primera correlación entre el valor relativo promedio (ARV) y el valor relativo (RV) y donde se

determina una segunda correlación entre un valor relativo promedio (ARV) de otra vía (11) y el valor relativo (RV).

5 **13.** Método para monitorear una vía férrea (11) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el método se lleva a cabo para una pluralidad de primeros segmentos de medición (12) y una pluralidad de segundos segmentos de medición (22).

10 **14.** Método para monitorear una vía férrea (11) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde después de determinar un valor relativo (RV), uno de los valores relativos (RV) determinados a partir de pasajes previos de vehículos ferroviarios se reemplaza por dicho valor relativo (RV).

**15.** Sistema de monitorización (15) para monitorizar una vía férrea (11), el sistema de monitorización (15) comprende:

15 - una unidad de evaluación (16) que está conectada a un sensor acústico distribuido (10) que está dispuesto a lo largo de la vía (11), en donde

20 - la unidad de evaluación (16) comprende una unidad de detección (17) que está configurada para recibir señales de monitoreo (MS) que son detectadas por el sensor acústico distribuido (10), donde cada señal de monitoreo (MS) comprende un valor de señal de monitoreo (MSV) para un primer segmento de medición (12) del sensor acústico distribuido (10) y un valor de señal de monitoreo (MSV) para un segundo segmento de medición (22) del sensor acústico distribuido (10),

25 - la unidad de evaluación (16) comprende una unidad de eventos (18) que está configurada para determinar un primer valor de señal de monitoreo de eventos (EV1) para el primer segmento de medición (12) a partir de los valores de señal de monitoreo (MSV) que se detectan durante el paso de un vehículo ferroviario sobre la posición del primer segmento de medición (12), y para determinar un segundo valor de señal de monitoreo de eventos (EV2) para el segundo segmento de medición (22) a partir de los valores de señal de monitoreo (MSV) que se detectan durante el paso del vehículo ferroviario sobre la posición del segundo segmento de medición (22),

30 - la unidad de evaluación (16) comprende una unidad comparadora (19) que está configurada para determinar un valor de diferencia (DV) donde el valor de diferencia (DV) se refiere a la diferencia entre un valor relativo promedio (ARV) y un valor relativo (RV), donde el valor relativo (RV) viene dado por la diferencia relativa entre el primer valor de señal de monitoreo de eventos (EV1) y el segundo valor de señal de monitoreo de eventos (EV2), y

- el valor relativo promedio (ARV) se refiere a un valor promedio de valores relativos (RV) determinados a partir de pasajes anteriores de vehículos ferroviarios.

DIBUJOS

FIG 1

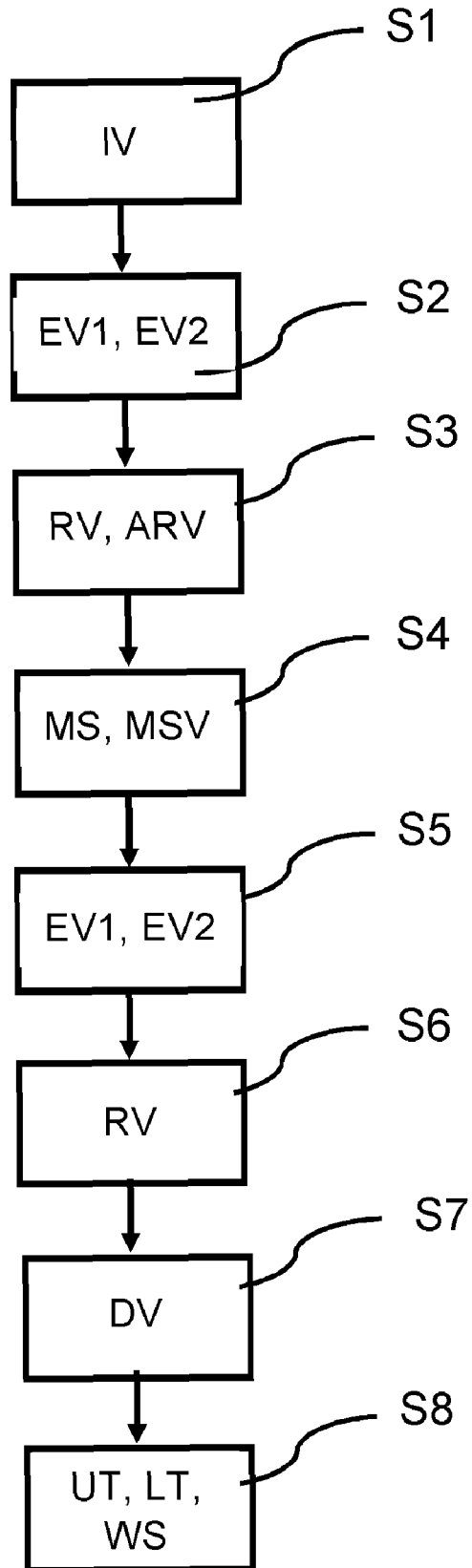


FIG 2

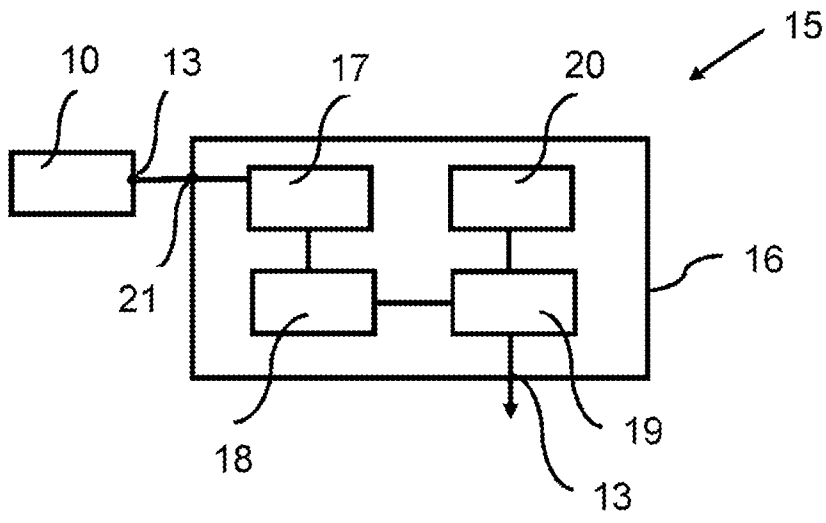


FIG 3

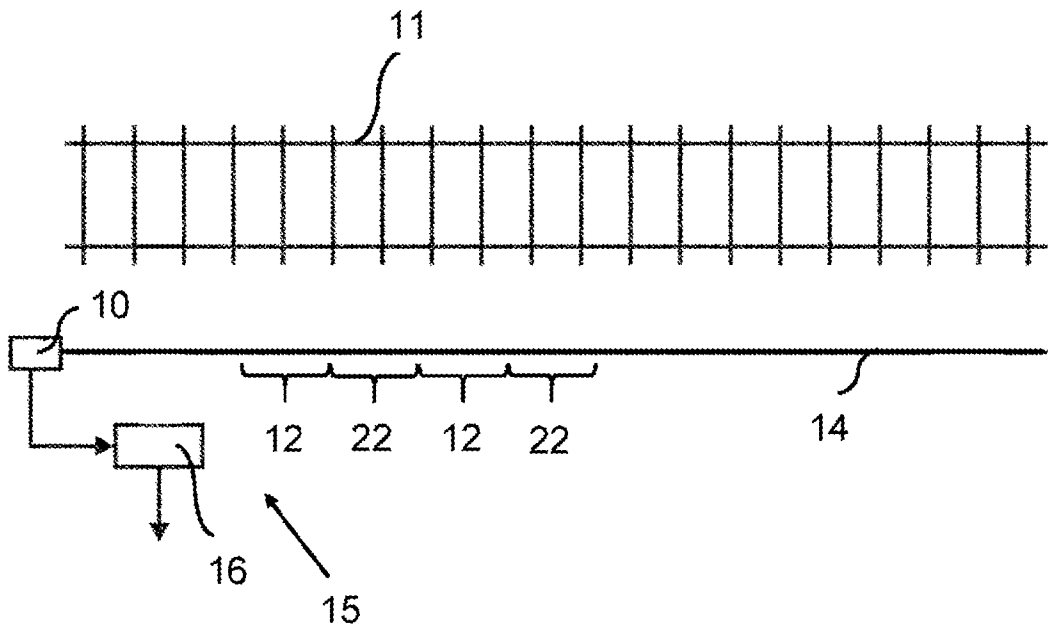


FIG 4

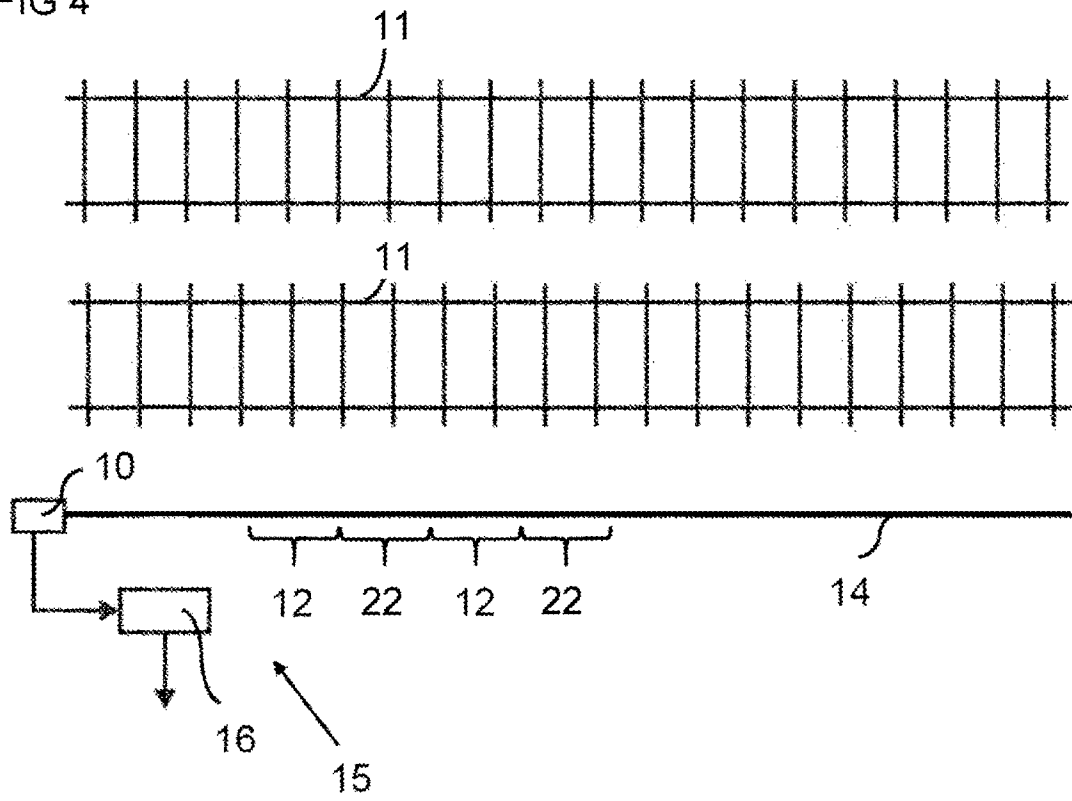


FIG 5

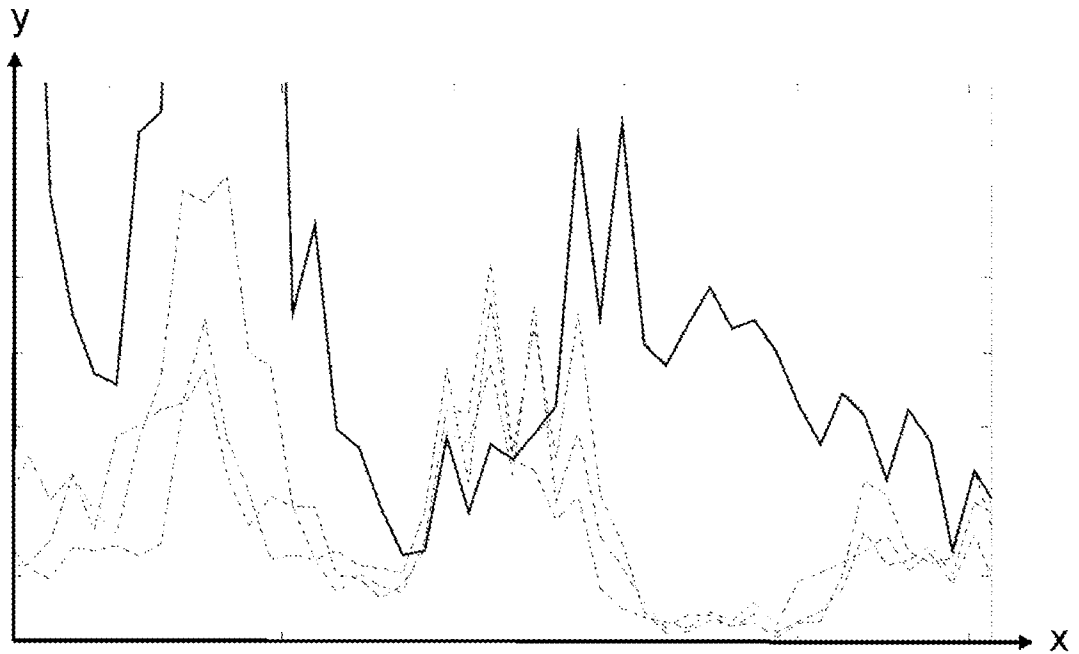


FIG 6

