

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 596 277**

51 Int. Cl.:

B60T 7/22 (2006.01)

B60W 40/10 (2012.01)

G08G 1/16 (2006.01)

B60R 21/013 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.02.2013 PCT/EP2013/000305**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.05.2013 WO13064705**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2013 E 13704350 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2016 EP 2814704**

54 Título: **Procedimiento para la determinación de una situación de frenado de emergencia de un vehículo**

30 Prioridad:
14.02.2012 DE 102012002695

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.01.2017

73 Titular/es:
**WABCO GMBH (100.0%)
Am Lindener Hafen 21
30453 Hannover, DE**

72 Inventor/es:
**BREUER, KARSTEN y
SANDKÜHLER, DIRK**

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 596 277 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 para la determinación de una situación de frenado de emergencia de un vehículo

5 La invención se refiere a un procedimiento para la determinación de una situación de freno de emergencia de un vehículo, a una instalación de control para la realización de un procedimiento de este tipo así como a un sistema de regulación de una dinámica de marcha con una instalación de control de este tipo.

La invención se refiere especialmente a un procedimiento para la evaluación del peligro de un choque trasero durante la circulación por una carretera, sobre la que se encuentra un objeto precedente, especialmente un vehículo.

10 A tal fin, se conoce en principio aplicar ecuaciones de movimiento, para calcular un tiempo de colisión durante el comportamiento actual de la marcha del propio vehículo y del vehículo precedente. Además, en principio se conoce también calcular retrasos teóricos para evitar posibles colisiones.

15 Los documentos EP 1 539 523 B1 o bien DE10258617 B4 describen un procedimiento y un dispositivo para la resolución de un proceso de frenado de emergencia automático de un vehículo. En este caso, se calculan la velocidad propia y la aceleración propia del vehículo y se aplica una distancia mínima como distancia de seguridad objetiva. Además, se aplica una velocidad relativa objetiva entre los dos vehículos, que debe alcanzarse con la terminación del proceso de frenado de emergencia automático. Como complemento se utiliza la aceleración relativa calculada presente actualmente entre los dos vehículos.

20 El documento DE 10 2006 019 848 B4 describe un dispositivo para la reducción de las repercusiones de un choque de vehículos, en el que se detecta un obstáculo con su distancia relativa y su velocidad relativa y se evalúa un choque o bien un accidente posible, después de lo cual se puede activar, dado el caso, un medio de protección de los ocupantes. Tales sistemas se conocen también como sistemas pre-impacto.

25 El documento JP 2004038245 A1 muestra un detector de obstáculos para vehículos, en el que como complemento se utiliza una activación detectada del volante. El documento EP 0 891 903 B1 describe una función de frenado de emergencia automática, en la que se evalúa también la posibilidad de una elusión del impedimento. El documento EP 1 625 979 B1 describe un procedimiento y un dispositivo para la resolución de un frenado de emergencia, en los que se calculan una probabilidad de conexión y, además, una amenaza del vehículo propio en el caso de unas resolución del freno de emergencia y se puede modificar la umbral de resolución para el frenado de emergencia en función de esta amenaza calculada. El documento EP 1 803 109 B1 describe un procedimiento para la determinación de objetos relevantes en la proximidad de un vehículo, en el que se calculan valores relevantes para la colisión a partir de datos de sensor del vehículo y/o del entorno incluyendo maniobras de desviación o procesos de frenado posibles.

30 En tales procedimientos convencionales es un inconveniente, en general, que están limitados con frecuencia sólo a situaciones especiales de la marcha y, por lo tanto, no contribuyen siempre a tiempo a la prevención de accidentes de un frenado autónomo. Además, la resolución de un frenado de emergencia se puede realizar también demasiado precozmente y, por lo tanto, dado el caso, de forma innecesaria.

35 Además, se conocen diferentes sistemas de mantenimiento de la distancia sin freno de emergencia. Si sistema Vendix-Wingman ABC-Adaptive Cruise con propiedad de freno comprende un procedimiento de mantenimiento de la distancia, para mantener constante la distancia de un vehículo precedente. En este caso, se puede emitir señales de representación de alarmas y también señales de frenado de emergencia para la realización automática de un procedimiento de frenado de emergencia. A tal fin, se mide la distancia con respecto al vehículo precedente, por ejemplo, con radar.

40 El documento DE102010051203 A1 se refiere a un procedimiento para el reconocimiento de situaciones críticas de tráfico de vehículos, en particular para la prevención de colisiones con un objeto que se encuentra delante de un vehículo propio.

45 El documento EP1803109 B1 se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para la determinación de objetos relevantes en la zona próxima de un automóvil con un sensor de detección del entorno, de manera que a partir de datos del sensor de detección del entorno se calculan la distancia y la velocidad relativa con respecto a un objeto y a partir de los datos de otros sensores se calcula el estado actual del movimiento, en particular la velocidad del vehículo y el ángulo de dirección. Solamente se clasifican como relevantes objetos, con los que a pesar de una reacción media del conductor como de una maniobra de desviación y/o de un proceso de frenado se inicia una colisión con mucha probabilidad, siendo calculados al menos dos valores relevantes para la colisión a partir de datos de sensor del vehículo y/o datos de sensor del entorno, de manera que un primer valor relevante para la colisión describe una maniobra de desviación futura o ya iniciada y un segundo valor relevante para la colisión describe un proceso de frenado para evitar la colisión y cada uno de los valores relevantes para la colisión está limitado por un valor umbral superior o inferior, que representa el comienzo de una zona crítica, y los valores umbrales correspondientes se determinan sólo a partir de los datos de sensor del vehículo, y se inicia una activación de los

medios de freno, cuando al menos uno de los valores relevantes para la colisión se mueve a la zona crítica.

El documento WO2009/072965 A1 se refiere a un procedimiento, a un dispositivo y a un producto de programa de ordenador para el apoyo de una estrategia de regulación para el accionamiento de un vehículo y a un automóvil con un dispositivo de este tipo.

- 5 El documento US2008275618 A1 se refiere a un sistema de asistencia al conductor o de prevención de colisiones para la utilización en un vehículo, que sigue a un vehículo precedente.

El documento US2012016573 A1 se refiere a un sistema de control para un automóvil, en el que el sistema de control determina si el automóvil debe detenerse de acuerdo con las informaciones calculadas sobre un vehículo precedente.

- 10 La invención tiene el cometido de crear un procedimiento, una instalación de control correspondiente para su realización y un sistema de regulación de la dinámica de la marcha, que posibilitan el reconocimiento seguro de una situación de frenado de emergencia y mantienen reducida la probabilidad de un frenado de emergencia no autorizado.

- 15 Este cometido se soluciona a través de un procedimiento según la reivindicación 1 y una instalación de control según la reivindicación 15. Las reivindicaciones dependientes describen desarrollos ventajosos. En este caso, de forma complementaria está previsto un sistema de regulación de la dinámica de la marcha con una instalación de control de este tipo o para la realización del procedimiento.

Por tanto, según la invención se utilizan diferentes procedimientos de evaluación para aplicar un procedimiento de evaluación adecuado en función de la situación de la marcha presenta en cada caso.

- 20 Según un primer procedimiento de evaluación, que representa un procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento, se aplican ecuaciones de movimiento tanto desde el vehículo como también desde el objeto que se encuentra delante del vehículo y en función de ello se evalúa si existe una situación de frenado de emergencia. En función de este movimiento se puede calcular a continuación especialmente un retraso de necesidad. Las ecuaciones de movimiento se pueden aplicar especialmente en segundo orden de tiempo, es decir, con valor inicial término lineal y término cuadrado, de manera que se puede formar un sistema de ecuaciones común o bien una ecuación de movimiento común del propio vehículo y del objeto delantero, a partir de la cual se puede calcular que se queda a continuación por debajo de una distancia mínima y/o una colisión.

Según un segundo procedimiento de evaluación, en cambio, se realiza una consideración del recorrido de frenado, en la que se puede calcular y evaluar el recorrido de frenado al menos del propio vehículo.

- 30 La invención se basa en la idea de que en una situación de marcha típica de un vehículo propio detrás de un objeto delantero que precede se puede calcular una situación de frenado de emergencia a través de ecuaciones de movimiento del propio vehículo y del objeto delantero. Para un procedimiento de evaluación de la ecuación de movimiento se pueden formar ecuaciones de movimiento especiales de segundo orden en el tiempo, con una distancia relativa como término de orden cero del tiempo, las velocidades (o bien la velocidad relativa) como términos de primer orden en el tiempo y las aceleraciones como términos de segundo orden en el tiempo. A partir de estas ecuaciones de movimiento se puede formar de esta manera un sistema de ecuaciones, con el que se calcula si a continuación se realiza una aproximación a una distancia mínima admisible (por ejemplo una distancia mínima de 1 metro o también cero. En este caso, se pueden incorporar especialmente de forma complementaria tiempos de reacción de los sistemas de freno del vehículo (por ejemplo, para la ventilación de los frenos) y/o del conductor, puesto que las modificaciones repercutirán a través de intervenciones activas ya después del tiempo de reacción.

- 45 Según la invención, ahora se reconoce que tal principio de un sistema de ecuaciones, especialmente también de ecuaciones de movimiento de segundo orden del tiempo, puede conducir en algunas situaciones a estimaciones erróneas. Las ecuaciones de movimiento de segundo orden en el tiempo con aceleración negativa, es decir, un frenado o bien un retardo del propio vehículo o del objeto precedente, contienen matemáticamente también una marcha hacia atrás ficticia, que sigue a una parada completa del vehículo o del objeto. Tales marchas hacia atrás ficticias carecen, sin embargo, de sentido matemáticamente, puesto que un retardo de un vehículo a través de la intervención del freno o intervención del retardador del motor (o también, por ejemplo, fricción de aire) en concreto puede conducir, en efecto, a un frenado (aceleración negativa) de una velocidad positiva hasta la parada, sin embargo no se provoca ya ninguna aceleración de un vehículo parado hacia atrás. Cuando el vehículo está parado, la acción de frenado que actúa físicamente, es decir, la aceleración negativa, cae más bien a cero, es decir, que el vehículo se para, pero no comienza ninguna marcha atrás.

De esta manera, en el sistema de ecuaciones matemáticas se pueden calcular colisiones ficticias, pero sin sentido, que aparecen durante una marcha atrás, en particular durante una marcha atrás ficticia del objeto delantero precedente.

Por tanto, según la invención, el procedimiento de evaluación de ecuaciones de movimiento solamente se utiliza cuando se estima conveniente. Con ventaja se utilizan criterios para la determinación de diferentes situaciones para evaluar el procedimiento de evaluación adecuado.

5 Si se determina que el primer procedimiento de evaluación, es decir, el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento, no es conveniente, se emplea según la invención otro procedimiento de evaluación, en el que está previsto al menos un segundo procedimiento de evaluación y, en concreto, con preferencia un procedimiento de evaluación del recorrido de frenado con una consideración del recorrido de frenado. En este caso con preferencia sin una inclusión de las ecuaciones de movimiento del vehículo propio y del objeto delantero, se determina y se evalúa un recorrido de frenado del vehículo propio. Con preferencia, se define un criterio de admisibilidad en función del tiempo. que compara al tiempo de frenado propio del primer vehículo propio con el tiempo de frenado del objeto del 10 segundo objeto delantero, lo que representa un cálculo especialmente sencillo y una fijación de la admisibilidad del primero o del segundo procedimiento de evaluación. En este caso se puede calcular el tiempo de frenado propio previamente hasta la consecución de la distancia mínima con una disipación al mismo tiempo completa de la velocidad relativa del segundo objeto delantero, El tiempo de frenado del objeto es el tiempo, que el segundo objeto delantero necesita hasta la parada. 15

Según la invención, también se puede emplear previamente un criterio antepuesto, si la distancia relativa no alcanza ya después del tiempo de reacción la distancia mínima o se queda por debajo de ella y de esta manera existe ya una situación de frenado de emergencia; esto se puede concebir como procedimiento de evaluación antepuesto ("nulo"), de manera que ya no son relevantes el primero y el segundo procedimientos de evaluación.

20 La primera aceleración propia se puede medir a través de un sensor de aceleración longitudinal y/o se puede calcular a través de la desviación temporal de la primera velocidad propia. La distancia relativa del objeto delantero se puede calcular especialmente a través de un sensor de distancia. A partir de ello se puede calcular, por tanto, al menos a partir del segundo comportamiento temporal de la señal de la distancia relativa también la segunda velocidad del objeto y como desviación temporal de ella se puede calcular su segunda aceleración. En principio, la 25 segunda velocidad del objeto se puede detectar, sin embargo, también a través de una medición de radar Doppler. La evaluación según la invención de la situación de freno de emergencia se puede calcular entonces especialmente a través de la determinación del retraso de necesidad del vehículo propio.

En un diagrama de recorrido y tiempo, las ecuaciones de movimiento de segundo orden dan como resultado, por lo tanto, parábolas; con una aceleración negativa, es decir, frenado o bien retardo, las parábolas están abiertas hacia ab ajo. Las curvas correspondientes de la velocidad forman rectas, por lo tanto en el caso de un frenado con 30 gradiente negativo.

Las ramas descendentes de una curva de movimiento parabólica en el diagrama de recorrido y tiempo y los valores negativos correspondientes en el diagrama de velocidad y tiempo son evaluados como físicamente sin sentido según la invención; tales estados, que conducen a una evaluación falsa, se excluyen según la invención por medio 35 de criterios adecuados.

De esta manera se puede excluir el caso ficticio de que el vehículo delantero, en el caso de una aceleración negativa, es decir, retardo o frenado, en un movimiento hacia atrás ficticio siguiente después de su parada dispare una colisión con el propio vehículo.

40 Para excluir este caso de la marcha atrás ficticia que justifica la colisión, se verifica de forma más ventajosa qué tiempos o qué recorridos de frenado necesitarán el objeto y el vehículo propio hasta la parada. En el caso de que el vehículo propio alcance la parada antes o al mismo tiempo que el objeto delantero, según una configuración preferida se puede aplicar con ventaja el primer procedimiento de evaluación. No obstante, en el caso de que el vehículo propio alcance la parada más tarde que el objeto delantero, no se aplica con ventaja el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento, puesto que se determina un caso de colisión ficticia durante la marcha 45 atrás siguiente del objeto delantero. De esta manera resulta un criterio de admisibilidad para el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento, de manera que, si no se cumple, se utiliza a continuación el segundo procedimiento de evaluación.

En el segundo procedimiento de evaluación se utilizan, en principio, los recorridos de frenado, pero no la dinámica de los vehículos hasta su parada, es decir, sus ecuaciones de movimiento exactas. De esta manera, en efecto, 50 teóricamente podría aparecer el caso de que, en efecto, con los valores alcanzados en el instante de la parada, se mantiene una distancia de seguridad entre el propio vehículo y el objeto delantero, pero en virtud de la dinámica real del vehículo propio hasta que se ha producido una colisión (o no se ha alcanzado la distancia mínima). Sin embargo, según la invención, se reconoce que el primero y el segundo procedimientos de evaluación se complementan idealmente. Tales colisiones pueden detectarse ya a través del procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento. Por tanto, en el caso de que se cumpla el criterio de admisibilidad para el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento y se pueda utilizar el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento, se detectan con seguridad colisiones hasta la parada. Sin embargo, en el caso de que el procedimiento de evaluación 55

de la ecuación del movimiento no se pueda utilizar debido a que no se cumple el criterio de admisibilidad, en el segundo procedimiento de evaluación no aparece a continuación ya ninguna manifestación falsa, en el sentido de que, en efecto, en el instante de la parada se mantiene la distancia de seguridad o bien la distancia mínima, sin embargo hasta ahora se produce una colisión. Tales colisiones habrían sido detectadas en el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento.

De esta manera se crea un procedimiento seguro y realizable con gasto de cálculo relativamente reducido, que detecta con seguridad también diferentes estado de movimiento de partida del vehículo propio y del objeto delantero. En este caso, se excluye también un frenado de emergencia precoz innecesario con amenazas resultantes de ello tanto del vehículo propio como también, dado el caso, de vehículos que circulan detrás con alta seguridad.

Según la invención, a través del procedimiento tanto se puede disparar un frenado de emergencia automático como también se puede emitir una señal de representación de alarma al conductor. Durante la determinación exacta se pueden incluir en este caso tiempos de reacción, que comprende, por tanto, en un sistema de frenado de emergencia automático los tiempos condicionados por los aparatos para el llenado de los frenos y la activación de los actuadores y en el caso de emisión de una señal de representación de alarma al conductor tener en cuenta de forma complementaria también el tiempo de reacción del conductor.

De acuerdo con una forma de realización especialmente preferida se distinguen jerárquicamente diferentes casos. Un primer caso puede verificar en primer lugar, en principio, si la distancia relativa entre el propio vehículo y el objeto delantero después de un tiempo de reacción es menor que una distancia mínima a mantener; en el caso de que se cumpla este primer criterio, se inicia siempre inmediatamente un frenado de emergencia. Sólo a continuación se consideran entonces, por ejemplo, cuatro casos, en los que se determina, respectivamente, si debe aplicarse el primero o segundo procedimientos de evaluación. En estos casos se utiliza con ventaja la aceleración del objeto delantero y la velocidad relativa después del tiempo de reacción. De esta manera se puede realizar una distinción de casos en virtud solamente de estas dos variables, en particular en cuatro o cinco casos diferentes.

En estos casos, se puede verificar entonces, dado el caso, en primer lugar el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento y en el caso de que esto no proceda, se utiliza entonces el segundo procedimiento de evaluación. En otros dos casos se puede utilizar, por ejemplo, sólo el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento o el segundo procedimiento de evaluación. Además, puede existir un caso, en el que la aceleración del objeto delantero es positiva y también la diferencia o bien la velocidad relativa es positiva, de manera que se puede reconocer que, en general, no existe peligro de colisión.

La instalación de control según la invención puede detectar el par motor en función del resultado del procedimiento según la invención, a cuyo fin emite, por ejemplo, señales de control a un aparato de control del motor.

La invención se explica a continuación con la ayuda de los dibujos adjuntos en algunas formas de realización. En este caso:

La figura 1 muestra la representación de una escena de carretera con dos vehículos que circulan uno detrás de otro.

Las figuras 2 a 7 muestran diagramas de la trayectoria y velocidades de los dos vehículos así como de su distancia relativa según diferentes condiciones de partida.

Un primer vehículo 1 circula detrás de un objeto delantero 2, aquí un segundo vehículo delantero 2, sobre una calzada 3. A continuación se contemplan solamente movimientos en la dirección longitudinal común de los vehículos. El primer vehículo propio 1 se encuentra sobre una posición x_1 y circula con una velocidad v_1 así como una aceleración a_1 . Por lo tanto, un proceso de frenado representa una aceleración a_1 con valor negativo. De manera correspondiente, el segundo vehículo delantero 2 se encuentra en una posición x_2 , circula con una segunda velocidad v_2 y una segunda aceleración a_2 . Todas las variables x_1 , v_1 , a_1 , x_2 , v_2 , a_2 dependen del tiempo. A continuación se presentan ecuaciones del movimiento de segundo orden del tiempo para los dos vehículos, el primer vehículo propio 1 y el vehículo delantero 2. En este caso, se supone con preferencia una primera aceleración propia y una segunda aceleración constantes a_1 , a_2 , al menos hasta el inicio de un proceso de frenado del vehículo propio 1.

El vehículo propio 1 presenta un sensor de distancia 4 para la determinación de una distancia relativa dx entre el primer vehículo propio 1 y el vehículo delantero 2, un sistema de la dinámica de la marcha 5 con una instalación de control 6, un sensor de velocidad 7 y frenos del vehículo 8 activables por la instalación de control 6. El sensor de freno 4 emite una señal de medición de la distancia relativa M_1 , de manera correspondiente el sensor de velocidad 7 emite una señal de medición de la velocidad M_2 a la instalación de control 6. En este caso, el sensor de velocidad 7 se puede formar también a través de los sensores del número de revoluciones de la rueda ABS. Además, la instalación de control 6 emite señales de control del freno M_3 a los frenos del vehículo 8.

Según la invención, en función de diferentes criterios se realiza una distinción de casos en diferentes escenarios, en

los que se aplican diferentes procedimientos de evaluación o bien métodos de evaluación para determinar si puede aparecer una colisión y cuando debe iniciarse, dado el caso, un frenado de emergencia.

5 Todos los cálculos se realizan en el primer vehículo propio trasero 1, que calcula de esta manera el peligro de una colisión de alcance (colisión trasera, rear-end collision) con el vehículo delantero 2. en función de la determinación se puede iniciar a continuación o bien automáticamente un frenado de emergencia a través de un sistema de freno de emergencia autónomo (advanced emergency braking system, AEBS) del primer vehículo propio 1 y/o se puede emitir una señal de representación de emergencia Si1 a través de una representación de alarma 9 al conductor del primer vehículo propio 1.

10 Para estos dos casos se puede aplicar, respectivamente, un tiempo de reacción t1 diferente. En el caso de un AEBS autónomo, se puede aplicar un tiempo de reacción t1 más corto, que se determina esencialmente a través del tiempo para la formación de una presión de frenado en los frenos (ventilación de los frenos). En el caso de una alarma de colisión (forward collision warning, FCW) en el conductor hay que tener en cuenta en primer lugar el tiempo de reacción del conductor, por ejemplo entre un segundo en un conductor atento y dos segundos en un conductor distraído o poco atento, y de manera complementaria el tiempo necesario del aparato para la formación de la presión de frenado interna.

15 A continuación se describen procedimientos de evaluación para el criterio de frenado, es decir, la determinación del instante, en el que debe iniciarse el frenado de emergencia.

20 En este caso, la idea básica es establecer a ser posible las ecuaciones del movimiento de segundo orden del primer vehículo propio 1 y del segundo vehículo delantero 2 y a partir de ello determinar si debe iniciarse un frenado de emergencia. De esta manera se establece una trayectoria del movimiento o bien parábola del movimiento, que puede conducir, en el caso de aceleración negativa, dado el caso a la parada, pero matemáticamente también en los valores de tiempo siguientes describe una marcha atrás del primer vehículo propio 1 afectado y/o del segundo vehículo delantero 2 afectado. Pero puesto que la aceleración negativa se anula durante la parada del primer vehículo propio 1 y del segundo vehículo delantero 2 y no conduce a una marcha atrás o bien aceleración siguiente en la dirección trasera (dirección negativa), se distingue según la invención si en el caso del establecimiento de las parábolas del movimiento o bien ecuación del movimiento de segundo orden, se detecta este caso físicamente sin sentido con una situación que induce dado el caso falsamente a una colisión (o bien no se alcanza la distancia mínima) en el caso de marcha ficticia siguiente hacia atrás. Si se puede excluir este caso, se establecen las ecuaciones del movimiento de segundo orden en el tiempo. Sin embargo, si se reconoce un caso de este tipo o correspondiente, se realiza según la invención una consideración del recorrido de frenado.

1. Procedimiento de evaluación BV1:

Determinación del criterio de frenado a partir de las ecuaciones de movimiento de segundo orden.

La posición del segundo vehículo delantero 2 (objeto) se puede representar como

$$x_2 = x_{2_0} + v_2 \cdot t + \frac{1}{2} a_2 \cdot t^2. \quad \text{Ecuación 1}$$

35 con x_{2_0} de la posición en el instante $t=0$.

De manera correspondiente se representa la posición del primer vehículo propio 1 como sigue:

$$x_1 = x_{1_0} + v_1 \cdot t + \frac{1}{2} a_1 \cdot t^2. \quad \text{Ecuación 2}$$

40 En este caso, x_1 se refiere al punto final delantero del primer vehículo propio 1: en cambio x_2 se refiere al punto final trasero, es decir, la parte trasera del segundo vehículo delantero 2, de manera que se mide la distancia relativa dx directamente por el sensor de distancia 4.

Con $dx = 0$ existe, por tanto, una colisión o bien un accidente por alcance.

La distancia relativa dx se puede representar a partir de las ecuaciones 1 y 2 como

$$dx = (x_{2_0} - x_{1_0}) + (v_2 - v_1) \cdot t + \frac{1}{2} \cdot (a_2 - a_1) \cdot t^2.$$

De ello se deduce:

$$dx = dx_0 + dv \cdot t + \frac{1}{2} \cdot (a2 - a1) \cdot t^2, \quad \text{Ecuación 3}$$

con $dv = v2 - v1$, es decir, la velocidad relativa y $dx_0 = x2_0 - x1_0$, una distancia relativa dx_0 calculada en el instante $t=0$.

5 Por tanto, esta ecuación describe el movimiento relativo entre el primer vehículo propio 1 y el segundo vehículo delantero 2. Para evitar una colisión entre el primer vehículo propio 1 y el segundo vehículo delantero 2 todavía lo más tarde posible, se aplica según la invención:

10 Ahora se calcula la aceleración $a1$ (de importe negativo) del vehículo propio 1, para llevar la velocidad relativa dv a cero, cuando se alcanza al mismo tiempo una distancia mínima admisible dx_{min} , es decir, $dx = dx_{min}$. En este caso, la idea es que a una velocidad relativa $dv = 0$ no tenga lugar ya ninguna aproximación del primer vehículo propio 1 del segundo vehículo delantero 2, lo que debe realizarse cuando se alcanza la distancia mínima dx_{min} .

Si se aplican de esta manera estas dos condiciones $dv = 0$ y $dx = dx_{min}$ en la ecuación 3, resulta como primera aceleración teórica $a1_{d_1}$ el valor siguiente:

$$a1_{d_1} = a2 - \frac{dv^2}{2 \cdot (dx_0 - dx_{min})} \quad \text{Ecuación 4}$$

15 En este caso, el valor $a1_{d_1}$ se designa como "primera" aceleración teórica y se provee con el aditivo "_1", puesto que se calcula según el primer procedimiento de evaluación BV1, es decir, el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento.

Para calcular la primera aceleración teórica necesaria $a1_{d_1}$ del vehículo propio 1, se determina como dv_{t1} la velocidad relativa después del tiempo de reacción $t1$. En este caso, se supone en las ecuaciones anteriores que entre el instante $t=0$ y $t=t1$ las aceleraciones $a1$ y $a2$ son constantes. De esta manera resulta

$$20 \quad dv_{t1} = dv + (a2 - a1) \cdot t1 \quad \text{Ecuación 5}$$

Además, para la determinación de la primera aceleración teórica $a1_{d_1}$ se calcula la distancia relativa dx_{t1} después del tiempo de reacción $t1$. A tal fin se supone de nuevo que las aceleraciones $a1$ y $a2$ son constantes. Con la distancia relativa dx o bien dx_0 calculada en el instante $t = 0$ por el sensor de distancia 4 se puede calcular dx_{t1} de la siguiente manera:

$$25 \quad dx_{t1} = dx_0 + dv \cdot t1 + (a2 - a1) \cdot \frac{t1^2}{2} \quad \text{Ecuación 6}$$

De esta modo, sobre la base de dv_{t1} y dx_{t1} se puede calcular la primera aceleración teórica necesaria $a1_{d_1}$ del propio vehículo 1 como sigue

$$a1_{d_1} = a2 - \frac{(dv_{t1})^2}{2 \cdot (dx_{t1} - dx_{min})} \quad \text{Ecuación 7}$$

30 Esta ecuación 7 se emplea para el cálculo de la primera aceleración teórica necesaria $a1_{d_1}$ en el ejemplo siguiente. En este ejemplo, el segundo vehículo delantero 2 que circula delante se acelera con una segunda aceleración $a2 = 3 \text{ m/s}^2$, es decir, que el segundo vehículo delantero 2 se frena desde una segunda aceleración inicial $v2=60 \text{ km/h}$. El primer vehículo propio 1 tiene una velocidad inicial de $v1 = 90 \text{ km/h}$. La distancia mínima dx_{min} se fija en 1 m, la distancia relativa dx_{t0} en el instante $t=0$ entre el primer vehículo propio 1 y el segundo vehículo delantero 2 se calcula a través del sensor de distancia 4 en $dx_0 = 60 \text{ m}$. Con un tiempo de reacción $t1=1 \text{ s}$, este ejemplo conduce por medio de la ecuación 7 a una primera aceleración teórica necesaria de $a1_{d_1} = -4,3 \text{ m/s}^2$. Las curvas de movimiento siguientes del primer vehículo propio 1 y del segundo vehículo delantero 2 se muestran en la figura 2.

40 Las curvas de la velocidad de la primera velocidad $v1$ y de la segunda velocidad $v2$ caen, por tanto, linealmente y alcanzan la línea cero. Las curvas del recorrido $x1$ y $x2$ forman parábolas abiertas hacia abajo, que se elevan en primer lugar hacia su vértice S1 o bien S2 respectivo, en el que de esta manera también $v1$ o bien $v2$ son igual a 0; el lado derecho de las parábolas se evalúa según la invención como físicamente sin sentido, puesto que corresponde, respectivamente, a un movimiento ficticio hacia atrás.

En el ejemplo seleccionado, después de $t = 5,5 \text{ s}$ se alcanza una parada del segundo vehículo delantero 2, es decir

$v_2(t = 5,5 \text{ s}) = 0$. El vehículo propio 1 alcanza la parada $v_1 = 0$ con $t = 6,8 \text{ s}$.

Por tanto, en este ejemplo se inicia a partir de $t = 5,5 \text{ s}$, es decir, del movimiento trasero ficticio del segundo vehículo delantero 2, la zona admisible en este diagrama.

5 En este ejemplo de la figura 2, el punto en el que se cumplen las condiciones $dv = 0$ y $dx = dx_{\min}$, está dispuesto en $t = 9,7 \text{ s}$, cuando las dos rectas de v_1 y v_2 se cortan. Este punto de corte ficticio se encuentra, sin embargo, ya en la zona inadmisibles, siendo negativas incluso ambas velocidades del vehículo con $v_1 = v_2 = -44,8 \text{ km/h}$, es decir, respectivamente, de un movimiento ficticio hacia atrás. Por tanto, el resultado se evalúa como inadmisibles según la invención.

10 La comparación de los vértices S_1 y S_2 , es decir, de las posiciones $x_1(v_1 = 0) = 94,8 \text{ m}$ y $x_2(v_2 = 0) = 107,1 \text{ m}$ muestra, sin embargo, que con este resultado para $a_{1_d_1}$ en esta situación se hubiera evitado una colisión. La distancia relativa dx entre los dos vehículos 1 y 2 en el instante de la parada es con $107,1 \text{ m} - 94,8 \text{ m} = 12,3 \text{ m}$ más alta que el valor mínimo supuesto dx_{\min} , de donde se deduce que el frenado o bien la aceleración con $a_{1_d_1}$ era demasiado fuerte, es decir, que representa una acción de frenado demasiado alta. De esta manera, se activaría demasiado pronto un sistema de freno autónomo.

15 El punto débil de este primer procedimiento o bien primer principio se muestra especialmente en situaciones, en las que, por ejemplo, al principio, es decir, con $t = 0$ existen una distancia relativa dx grande entre el primer vehículo propio 1 y el segundo vehículo delantero 2 y un frenado alto del vehículo delantero 2; por tanto, en tales situaciones se produce más rápidamente un movimiento hacia atrás ficticio del vehículo delantero 2 con colisión ficticia siguiente durante el movimiento hacia atrás del vehículo delantero 2. En la figura 3 se muestra una situación modificada frente a la figura 2; frente a la figura 2, las velocidades $v_2 = 60 \text{ km/h}$, $v_1 = 90 \text{ km/h}$ en el instante $t=0$ y la distancia mínima $dx_{\min} = 1$ se mantienen constantes. En cambio, ahora el vehículo delantero 2 se acelera con $a_2 = -6 \text{ m/s}^2$, es decir, frenado más alto, y la distancia relativa inicial dx_0 entre los vehículos 1 y 2 es $dx_0 = 90 \text{ m}$. En este caso, la ecuación 7 conduce a una primera aceleración teórica $a_{1_d_1}$ de $-7,3 \text{ m/s}^2$. Las curvas de la aceleración se muestran en la figura 3.

25 En este ejemplo de la figura 3, una comparación de las posiciones de los vehículos en sus vértices S_1 y S_2 , es decir, $x_1(v_1 = 0) = 68,9 \text{ m}$ y $x_2(v_2 = 0) = 114 \text{ m}$ muestra que la distancia relativa dx durante la parada entre ellos es $45,1 \text{ m}$. El punto, en el que se cumplen las condiciones $dv = 0$ y $dx = dx_{\min}$, está de nuevo en la zona admisible, después de que el segundo vehículo delantero 2 se ha parado, es decir, con $t = 11,8 \text{ s}$, $v_2 = -195 \text{ km/h}$, similar al ejemplo anterior de la figura 2.

30 Por tanto, según la invención, este principio de calcular a través de ecuaciones de movimiento de segundo grado del tiempo con las condiciones marginales, a través del frenado una velocidad relativa $dv = 0$ (velocidad igual de los vehículos), con ajuste simultáneo de una distancia mínima dx_{\min} , no se utiliza o se desecha para tal caso.

35 En la figura 4 se muestra otro ejemplo, en el que se cumplen las condiciones $dv = 0$ y $dx = dx_{\min}$, antes de que el vehículo delantero 2 se pare. El vehículo delantero 2 frena con $a_2 = -2 \text{ m/s}^2$ desde una segunda velocidad inicial de $v_2 = 50 \text{ km/h}$. El vehículo propio 1 tiene una velocidad inicial de $v_1 = 90 \text{ km/h}$. El valor para dx_{\min} se fija en 1 m y la distancia relativa inicial dx_0 entre los dos vehículos 1, 2 es $dx_0 = 40 \text{ m}$. El tiempo de reacción está de nuevo en $t_1 = 1 \text{ s}$. Para este ejemplo, la ecuación 7 conduce a un valor $a_{1_d_1}$ de $-5,2 \text{ m/s}^2$. Los movimientos resultantes se muestran en la figura 4. El vehículo delantero 2 se para después de $t = 7$ segundos. En esta situación, el resultado representa un instante, que está en la zona permitida; las ecuaciones 3 y 4 representan movimientos realistas de ambos vehículos 1, 2 con $v_1, v_2 > 0$. De esta manera, el valor $a_{1_d_1}$, que se calcula sobre la base de la ecuación 7, representa en esta situación de la figura 4 un valor admisible, que se puede utilizar para la evaluación de la situación.

45 De este modo, según la invención se puede aplicar que la ecuación 7 suministra valores admisibles mientras ambos vehículos 1, 2 circulan todavía, es decir, que no se han parado todavía. En cambio, los resultados son inadmisibles cuando uno de los vehículos 1, 2 está parado.

Por tanto, en la representación gráfica de las figuras, se inicia una zona inadmisibles cuando la curva parabólica del recorrido x_1 o x_2 de uno de los vehículos 1, 2 alcanza su vértice S_1 o S_2 ; de manera correspondiente, las rectas de la velocidad cortan entonces, respectivamente, el punto cero o bien el eje cero.

50 Por tanto, según la invención, se aplica un criterio de admisibilidad ZK1 para verificar la admisibilidad de este primer método de evaluación. A tal fin, se compara el tiempo de frenado propio t_{1_dv} , que el vehículo propio 1 necesita hasta las condiciones $dv = 0$ y $dx = dx_{\min}$, con el tiempo de frenado del objeto t_{2_stop} , que el segundo vehículo delantero 2 necesita para el frenado hasta la parada. Cuando se cumple el criterio de admisibilidad ZK1 : $t_{1_dv} \leq t_{2_stop}$, se asegura que se puede evaluar la situación correspondiente a la figura 4, es decir, que el vehículo propio 1 alcanza $dv = 0$ y $dx = dx_{\min}$, antes de que el vehículo delantero 2 se pare. De esta manera se representa con ello un resultado admisible, es decir, que el procedimiento de la ecuación del movimiento (primer procedimiento de

evaluación) es admisible.

El tiempo de frenado del objeto $t2_stop$ se calcula sobre la base de su segunda velocidad actual $v2$ y la segunda aceleración $a2$:

$$t2_stop = \frac{(0 \text{ km/h} - v2)}{a2} = - \frac{v2}{a2} \quad \text{Ecuación 8}$$

5 El tiempo de frenado propio $t1_dv$ requerido por el vehículo propio 1 se basa en el resultado para $a1_d_1$ de la ecuación 7 y se puede calcular como

$$t1_dv = \sqrt{\frac{2(dx_t1 - dx_min)}{(a2 - a1_d_1)}} + t1 \quad \text{Ecuación 9}$$

De esta manera, resultan los siguientes criterios para la admisibilidad o bien validez:

10 Cuando se cumple el criterio de admisibilidad ZK1, es decir, $t1_dv \leq t2_stop$, entonces la primera aceleración teórica $a1_d_1$ es válida o bien admisible, es decir, que el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento (primer procedimiento de evaluación BV1 con la ecuación 7 es admisible.

Cuando $t1_dv > t2_stop$, entonces $a1_d_1$ no es admisible.

15 Para poder detectar de manera correspondiente estas situaciones inadmisibles, en las que la determinación descrita anteriormente no conduce a un resultado admisible, y calcular una segunda aceleración teórica admisible en este caso o bien retardo de la necesidad $a1_d_2$, se aplica el siguiente segundo procedimiento de evaluación BV2 o bien método de evaluación.

20 Segundo procedimiento de evaluación BV2:
El segundo procedimiento de evaluación BV2 calcula la distancia, que el vehículo propio 1 dispone hasta la parada detrás del vehículo delantero 2.

25 Sobre la base de esta distancia se calcula la segunda aceleración teórica $a1_d_2$, que es necesaria para la parada dentro de esta distancia, partiendo de la velocidad actual $v1$ del vehículo propio 1. En este cálculo se incluyen todas las partes que contribuyen a ello. Estas partes o bien recorridos parciales son:

- la distancia actual dx entre el vehículo propio 1 y el vehículo delantero 2,
- la distancia $s2_stop$, que el vehículo delantero 2 recorre durante el proceso de frenado con su segunda aceleración actual $a2$ (frenado) desde su segunda velocidad actual $v2$ hasta la parada,
- el recorrido $s1_react$, que el vehículo propio 1 recorre durante el tiempo de reacción $t1$,
- la distancia mínima dx_min , que debe permanecer entre los vehículos 1 y 2, después de la cual ambos se paran.

El recorrido de frenado máximo $s1_br$ disponible para el vehículo propio 1 se calcula según

$$35 \quad s1_br = dx + s2_stop - s1_react - dx_min \quad \text{Ecuación 10}$$

con

$$s2_stop = - \frac{v2^2}{2 \cdot a2} \quad \text{Ecuación 11}$$

$$s1_react = v1 \cdot t1 + \frac{1}{2} \cdot a1 \cdot t1^2 \quad \text{Ecuación 12}$$

40 Para calcular la segunda aceleración teórica necesaria $a1_d_2$ del vehículo propio 1, se calcula en primer lugar la velocidad $v1_t1$ del vehículo propio 1 después del tiempo de reacción $t1$. Esto se realiza en el supuesto de que el vehículo propio 1 circule con una aceleración constante $a1$ durante el tiempo de reacción $t1$.

$$v1_t1 = v1 + a1 \cdot t1$$

Ecuación 13

Esta ecuación 13 indica de esta manera la velocidad del vehículo propio 1 después del tiempo de reacción t1. Sobre la base de v1_t1 y s1_br se calcula la aceleración necesaria del vehículo propio 1 como segunda aceleración teórica a1_d_2 a través de

$$a1_d_2 = -\frac{(v1_t1)^2}{2 \cdot s1_br}$$

5

Ecuación 14

Las segunda aceleración teórica a1_d_2 calculada en la ecuación 14 representa de esta manera el retardo de necesidad del segundo procedimiento de evaluación BV2 y se utiliza en el ejemplo siguiente. La situación de la marca de este ejemplo es similar al ejemplo 1 de la figura 2, para posibilitar una comparación directa de los dos principios para el cálculo de la aceleración teórica o bien del retardo de necesidad. El vehículo delantero 2 acelera (frena) con a2 = -3 m/s² desde una segunda velocidad inicial de v2 = 60 km/h. El vehículo propio 1 tiene una velocidad inicial de v1 = 90 km/h. El valor para dx_min se fija en 1 m, y la distancia relativa inicial dx_0 entre los dos vehículos 1 y 2 es dx_0 = 60 m. El tiempo de reacción t1 es 1 s. El segundo procedimiento de evaluación BV2 según la ecuación 14 conduce a un retardo de necesidad (segunda aceleración teórica) a1_d_2 de -3,9 m/s². En cambio, el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento BV1 según la ecuación 7 conduce a un valor de la primera aceleración teórica de a1_d_1 de -4,3 m/s², que se puede considerar, como se ha descrito anteriormente, como resultado inadmisibles, puesto que la ecuación 7 reproduce un resultado, cuyo instante está después de la parada del primer vehículo propio 1 y del segundo vehículo delantero 2, en el que el primer vehículo propio 1 y el segundo vehículo propio 2 circulan hacia atrás. En la figura 5 se representan estas relaciones a través de las curvas o bien grafos ya conocidos a partir de la figura 2, y las otras curvas.

10

15

20

25

30

35

El segundo procedimiento de evaluación BV2 tiene en cuenta, por tanto, sólo los puntos extremos de la situación, cuando el primer vehículo propio 1 y el segundo vehículo propio 2 se paran; las fases de frenado no se consideran separadas para el primer vehículo propio 1 y el vehículo delantero 2. El recorrido de frenado s2_sop del vehículo delantero 2 se utiliza para el cálculo de s1_br. A través de cálculo explícito de este valor se evita una consideración no deseada del movimiento hacia atrás del vehículo delantero 2. De este modo, en este principio se considera una parada del segundo vehículo delantero 2 después del proceso de frenado. Esto se representa a través de la curva x2 en la figura 5. Representa esta parada o bien esta posición fija. En la figura 5 se aplica en este caso x2 = const y v2 = 0, después de que el segundo vehículo delantero 2 se ha parado. Con este método es posible calcular una aceleración teórica correcta en aquellas situaciones, en las que el vehículo propio 1 se para, después de que se ha parado el vehículo delantero 2.

De este modo, las curvas en la figura 5 muestran que la ecuación 14 reproduce el valor correcto para la aceleración teórica en esta situación, puesto que representa exactamente aquella aceleración, que es necesaria para evitar una colisión con el vehículo delantero 2 y para detener el primer vehículo propio 1 a una distancia de 1 m detrás del vehículo delantero 2. Cada frenado más fuerte impediría también una colisión con el vehículo delantero 2, pero pararía demasiado pronto, es decir, a una distancia relativa dx mayor que el valor pretendido de dx_min = 1 m. De esta manera, en un AEBS conduciría a una activación demasiado precoz del sistema de freno.

40

45

El segundo ejemplo del procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento BV1 mostrado anteriormente muestra otra situación, en la que el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento BV1 conduce a un valor demasiado alto para la primera aceleración teórica a1_d_1. Estas situaciones se caracterizan, en general, por una distancia relativa dx grande entre el primer vehículo propio 1 y el segundo vehículo delantero 2 y por un retardo a2 grande del vehículo delantero 2. El ejemplo descrito con referencia a la figura 3 utiliza una segunda velocidad inicial v2 = 60 km/h del vehículo delantero 2, una velocidad inicial v1 = 90 km/h del vehículo propio 1, una distancia mínima dx_min = 1 m, una segunda aceleración a2 = -6 m/s² del vehículo delantero 2 y una distancia relativa inicial dx_0 = 90 m. En este ejemplo, la ecuación 7 conduce a una aceleración teórica a1_d_1 de -7,3 m/s². En cambio, la ecuación 14 conduce a una segunda aceleración teórica de a1_d_2 = -3,6 m/s² en esta situación. Los movimientos resultantes según los dos valores de retardo se muestran en la figura 6.

50

El vehículo delantero 2 alcanza una parada a t = 2,8 s. El valor para a1_d_1 según el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento BV1 descrito anteriormente es demasiado grande y conduce a una distancia en la parada de 45,1 m, como se ha indicado anteriormente. En cambio, el segundo procedimiento de evaluación BV2 conduce a un valor de la segunda aceleración teórica a1_d_2 de -3,6 m/s², que corresponde al retraso mínimo, que es necesario para evitar la colisión con el vehículo delantero 2 de esta situación. La figura 6 muestra que el vehículo propio 1 se ha parado en t = 8 s y alcanza una distancia relativa de 1 m.

El ejemplo 3 mostrado anteriormente en conexión con el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento BV1 suministra, en cambio, con el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento BV1 un resultado correcto para la primera aceleración teórica a1_d_1. En este caso, el vehículo delantero 2 con a2 = -2 m/s² se ha

5 retrasado a una velocidad inicial de 50 km/h. El vehículo propio 1 tiene una velocidad inicial de 90 km/h. El valor para dx_{min} se fija en 1 m y la distancia relativa inicial dx_0 entre el primer vehículo propio 1 y el segundo vehículo delantero 2 es 40 m. En este ejemplo, la ecuación 7 conduce a una primera aceleración teórica de $a1_d_1 = -5,2$ m/s². La Ecuación 14 conduce, en cambio, a un resultado de $a1_d_2 = -5,02$ m/s² para esta situación. Los movimientos resultantes para ambos valores de aceleración se representan en la figura 7.

10 En la figura 7 se muestra que el retraso con la segunda aceleración teórica $a1_d_2$ calculada según el segundo procedimiento de evaluación BV2 hasta una parada del vehículo propio 1 a $t = 6$ s. El trayecto recorrido del vehículo propio 1, que se muestra como $x1$, es menor que la posición $x2$ del vehículo delantero 2, cuando el vehículo delantero 2 se para después de $t = 7$ s. Pero antes de que el vehículo propio 1 alcance con una segunda aceleración teórica $a1_d_2$ la parada, la distancia relativa dx_2 calculada a través del segundo procedimiento de evaluación BV2 entre el primer vehículo propio 1 y el segundo vehículo delantero 2 es inferior a 0. Esto significa que el vehículo propio 1 colisiona con el vehículo delantero 2, antes de que el vehículo propio 1 y el vehículo delantero 2 alcancen la parada. De esta manera, el valor del segundo procedimiento de evaluación BV2 para la segunda aceleración teórica $a1_d_2$ en este ejemplo no es correcto, o bien no conduce a un cálculo correcto del valor del retraso, para evitar una colisión con el vehículo delantero 2. Más bien en tal caso, hay que utilizar el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento BV1, es decir, $a1_d_1$ según la ecuación 7.

15 El segundo procedimiento de evaluación BV2 considera de esta manera sólo los puntos extremos de la situación de frenado, cuando ambos vehículos 1, 2 se paran. Sin embargo, no verifican los puntos de cruce que aparecen posiblemente durante el proceso de frenado de las trayectorias de movimiento de ambos vehículos 1, 2, es decir, colisiones que tiene lugar intermedias.

20 Por tanto, según la invención se utilizan ambos procedimientos de evaluación BV1, BV2 para un cálculo correcto del criterio de frenado.

Para el caso específico de que el vehículo delantero 2 se para y el vehículo propio 1 se aproxima, ambos procedimientos de evaluación BV1, BV2 conducen al mismo resultado, puesto que

$$25 \quad -dv_{t1} = v1_{t1},$$

$$dx_{t1} - dx_{min} = s1_{br}$$

$$a2 = 0$$

30 Por tanto, a continuación teniendo en cuenta las explicaciones anteriores se distinguen diferentes casos para la utilización de los procedimientos de evaluación BV1 y BV2, que dependen esencialmente de la aceleración $a2$ del vehículo delantero 2 y de la velocidad relativa entre los vehículos 1 y 2 después de la expiración del tiempo de reacción dv_{t1} .

Para la verificación de la necesidad de una activación automática para la prevención se verifican los siguientes casos:

35 En un primer criterio K1 se verifica si la distancia dx_{t1} entre los vehículos 1 y 2 después del tiempo de reacción $t1$ es menor que la distancia mínima dx_{min} : $dx_{t1} < dx_{min}$.

Si se cumple el primer criterio K1, resulta la necesidad de un criterio automático, puesto que el conductor no está en condiciones de iniciar por sí mismo un retraso.

40 Para el caso de que el primer criterio K1 no sea pertinente, se distinguen y se verifican en otro criterio K2 cuatro casos: K2a, K2b, K2c, K2d. Para la distinción de los casos se utilizan, respectivamente, las aceleraciones $a2$ del vehículo delantero 2 y la velocidad relativa después de la expiración del tiempo de reacción dv_{t1} .

45 El segundo criterio K2a se verifica en el caso de que $a2 < 0$ y $dv_{t1} < 0$. Aquí se verifica entonces en primer lugar el procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento BV1. En el caso de que éste no sea pertinente, se utiliza el segundo procedimiento de evaluación BV2. Para el caso de que se cumple el segundo criterio K2a, es decir, que la aceleración teórica calculada $a1_d_1$ o bien $a1_d_2$ exceda un valor límite, resulta la necesidad de un frenado automático del primer vehículo 1, puesto que el conductor después de la expiración de su tiempo de reacción no está en condiciones de ajustar por sí mismo la altura necesaria del retraso.

50 El tercer criterio K2b se verifica en el caso de que sea $a2 < 0$ y $dv_{t1} \geq 0$. Aquí se verifica siempre sólo con la ayuda del segundo procedimiento de evaluación BV2. De esta manera se evita el punto débil del procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento BV1 en aquellas situaciones, en las que existe un retraso fuerte del vehículo delantero 2. En el caso de que se cumpla el tercer criterio K2b, es decir, que la aceleración teórica

calculada $a1_d_2$ exceda un valor límite, resulta la necesidad de un frenado automático del vehículo propio 1, puesto que el conductor después de la expiración de su tiempo de reacción no está en condiciones de ajustar por sí mismo la altura necesaria del retraso.

5 El cuarto criterio K2c se verifica si $a2 \geq 0$ y $dv_t1 < 0$. Aquí se verifica siempre sólo con la ayuda del procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento BV1, puesto que sólo es relevante el procedimiento de evaluación BV1. El segundo procedimiento BV2 no se puede aplicar aquí, puesto que con una aceleración positiva $a2$ del vehículo delantero 2 no se puede calcular ningún recorrido de frenado $s2_stop$. El punto débil del procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento BV1 en situaciones, que se caracterizan por un retraso fuerte del vehículo delantero 2, no es relevante en tales situaciones, puesto que sólo se consideran valores positivos para $a2$. En el caso de que se cumpla el criterio K2c, es decir, que la primera aceleración teórica calculada $a1_d_1$ excede un valor límite, resulta la necesidad de un frenado automático del vehículo propio 1, puesto que el conductor después de la expiración de su tiempo no está en condiciones de ajustar por sí mismo la altura necesaria del retraso.

15 El quinto criterio K2d se verifica en el caso de que sea $a2 \geq 0$ y $dv_t1 \geq 0$. Aquí el vehículo delantero 2 acelera lejos del vehículo propio 1. Este caso no es, en general, peligroso, de manera que no existe la necesidad del inicio del frenado automático de emergencia.

La indicación "primero,... quinto criterio" no expresa en este caso ninguna secuencia o valencia.

20 De esta manera, según el criterio K1, K2a a K2d se puede formar un algoritmo según el cual se verifica en primer lugar el primer criterio K1 y a continuación se realiza la distinción de casos en los criterios K2a, K2b, K2c y K2d, en los que se calcula entonces, como se ha descrito, la aceleración teórica (retraso de necesidad) o bien según la ecuación 7 como $a1_d_1$ o según la ecuación 14 como $a1_d_2$.

Lista de signos de referencia

1	Vehículo propio
25	Objeto / vehículo delantero
3	Calzada
4	Sensor de distancia
5	Sistema dinámico de la marcha
6	Instalación de control
7	Sensor de velocidad
30	8 Frenos del vehículo
9	Representación de alarma
S1	Vértice de $x1$
S2	Vértice de $x2$
x1	Posición del primer vehículo
35	x2 Posición del segundo vehículo
x1_0	Posición del primer vehículo en el instante $t=0$
x2_0	Posición del segundo vehículo en el instante $t=0$
v1	Velocidad del primer vehículo
40	v1_t1 Velocidad del primer vehículo después del tiempo de reacción $t1$
v2	Velocidad del segundo vehículo
a1	Aceleración longitudinal del primer vehículo
a2	Aceleración longitudinal del segundo vehículo
a1_d_1	Primera aceleración teórica
45	a1_d_2 Segunda aceleración teórica
dx	Distancia relativa
dx_min	Distancia mínima
dx_0	Distancia relativa inicial en el instante $t=0$
dx_t1	Distancia relativa después del tiempo de reacción $t1$
dx_2	Distancia relativa después de BV2
50	s1_br Recorrido de frenado disponible del primer vehículo
s1_react	Trayecto recorrido durante $t1$ del primer vehículo
s2_stop	Recorrido de frenado del segundo vehículo hasta la parada
dv	Velocidad relativa
dv_t1	Velocidad relativa después del tiempo de reacción $t1$
55	M1 Señal de medición de la distancia relativa
M2	Señal de medición de la velocidad
M3	Señales de control del freno
Si1	Señal de representación de alarma
t	Tiempo
60	t1 Tiempo de reacción

ES 2 596 277 T3

	t1_dv	Tiempo de frenado propio del primer vehículo ($dv=0$; $dx=dx_{min}$)
	t2_stop	Tiempo de frenado del objeto del segundo vehículo /objeto hasta $v2=0$
	BV1	Procedimiento de evaluación 1
	BV2	Procedimiento de evaluación 2
5	BV0	Procedimiento de evaluación antepuesto
	K1	Primer criterio
	K2	Otro criterio
	K2a	Segundo criterio
	K2b	Tercer criterio
10	K2c	Cuarto criterio
	K2d	Quinto criterio
	ZK1	Criterio de admisibilidad

15

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Procedimiento para la determinación de una situación de frenado de emergencia de un primer vehículo propio (1), en el que el vehículo propio (1) calcula al menos las siguientes variables de estado:
 su velocidad propia de la marcha (v_1),
 su aceleración longitudinal propia (a_1),
 su distancia relativa (dx) de un objeto delantero (2), y
 una segunda velocidad (v_2) y una segunda aceleración (a_2) del objeto delantero (2),
 10 en el que a partir de las variables de estado (v_1 , a_1 , dx , v_2 , a_2) se calcula por medio de un procedimiento de evaluación (BV1, BV2) si existe una situación de frenado de emergencia, caracterizado por que en función de las variables de estado (v_1 , a_1 , dx , v_2 , a_2) se utilizan al menos dos procedimientos de valoración (BV1, BV2) diferentes para evaluar si existe una situación de freno de emergencia, en el que en función de las variables de estado (v_1 , a_1 , dx , v_2 , a_2) se calcula cuál de los al menos dos procedimientos de evaluación (BV1, BV2) se utiliza.
- 15 2.-.- Procedimiento para la determinación de una situación de frenado de emergencia de un primer vehículo propio (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que los diferentes procedimientos de evaluación (BV1, BV2) comprenden al menos los siguientes procedimientos de evaluación:
 20 procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento (BV1), en el que se calcula un sistema de ecuaciones de movimiento del vehículo propio (1) y del objeto delantero (2), y
 procedimiento de evaluación del recorrido de frenado (BV2), en el que se calcula el recorrido de frenado (s_{1_br}) del vehículo propio (1).
- 25 3.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que con la ayuda de un criterio de admisibilidad (ZK1) si el primer procedimiento de evaluación (BV1) o el al menos segundo procedimiento de evaluación (BV2) es admisible y se utiliza.
- 30 4.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que en el caso de que un tiempo de frenado propio (t_{1_dv}), que se necesita por el vehículo propio (1) hasta que alcanza una distancia mínima (dx_{min}) y la misma velocidad ($dv=0$) que el vehículo delantero (2), sea menor o igual a un tiempo de frenado del objeto (t_{2_stop}), que el vehículo delantero (2) necesita para un frenado hasta la parada ($v_2(t_{2_stop})=0$), el primer procedimiento de evaluación (BV1) es admisible y se utiliza y en el caso de que el tiempo de frenado propio (t_{1_dv}) sea mayor que el tiempo de frenado del objeto (t_{2_stop}), el al menos segundo procedimiento de evaluación (BV2) es admisible y se utiliza.
- 35 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el caso de la determinación de una situación de frenado de emergencia se inicia automáticamente un proceso de frenado de emergencia y/o se emite una señal de representación de alarma (Si_1).
- 40 6.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en la determinación de cuál de los procedimientos (BV1, BV2) debe utilizarse, y/o en procedimientos de evaluación individuales se incluye de forma complementaria un tiempo de reacción (t_1) de un sistema de freno interno del vehículo después del inicio de un frenado de emergencia automático y/o un tiempo de reacción (t_1) del conductor después de la emisión de la señal de representación de alarma (Si_1) a través de una representación de alarma (9).
- 45 7.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que en una primera etapa se emplea previamente un procedimiento de evaluación (BV0) antepuesto, en el que se evalúa si se cumple un primer criterio (K1), después de lo cual la distancia relativa actual (dx) del primer vehículo (1) con respecto al objeto delantero (2) después del tiempo de reacción (t_1) es menor que una distancia mínima (dx_{min}) a mantener, en el que cuando se cumple el primer criterio (K1) se reconoce una situación de frenado de emergencia, y cuando no se cumple el primer criterio (K1) se calcula a continuación cuál de los otros procedimientos de evaluación (BV1, BV2) debe utilizarse.
- 50 8.- Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por que si no se cumple el primer criterio (K1) se realiza a continuación una evaluación sobre la base de la segunda aceleración (a_2) del objeto delantero (2) y de la velocidad relativa después del tiempo de reacción (dv_{t_1}) del objeto delantero (2) con respecto al vehículo propio (1), formándose la velocidad relativa (dv) después del tiempo de reacción (dv_{t_1}) como diferencia de la segunda velocidad (v_2) menos la velocidad propia (v_1).
- 55 9.- Procedimiento según la reivindicación 7 u 8, caracterizado por que si no se cumple el primer criterio (K1) se determina el procedimiento de evaluación propio (BV1, BV2) en función de otros criterios (K2a, K2b, K2c, K2d), comprendiendo los otros criterios (K2a, K2b, K2c, K2d) uno o varios de los siguientes criterios:
 60 - un segundo criterio (K2a), que se cumple cuando la aceleración (a_2) del objeto delantero (2) es negativa y la

velocidad relativa después del tiempo de reacción (dv_{t1}) es negativa, en el que cuando se cumple en segundo criterio (K2a) se verifica un criterio de admisibilidad (ZK1) para el primer procedimiento de evaluación (BV1) y cuando se cumple el criterio de admisibilidad (ZK1) se realiza el primer procedimiento de evaluación (BV1), y cuando no se cumple el criterio de admisibilidad (ZK1) se utiliza el segundo procedimiento de evaluación (BV2),

5 - un tercer criterio (K2b), que se cumple cuando la segunda aceleración (a_2) es negativa y la velocidad relativa después del tiempo de reacción (dv_{t1}) es mayor o igual a cero, de manera que cuando se cumple el tercer criterio (K2b) se utiliza el segundo procedimiento de evaluación (BV2),

10 - un cuarto criterio (K2c), que se cumple cuando la segunda aceleración (a_2) es mayor o igual a cero y la velocidad relativa después del tiempo de reacción (dv_{t1}) es negativa, y cuando se cumple el cuarto criterio (K2c) se utiliza el primer procedimiento de evaluación (BV1), y

15 - un quinto criterio (K2d), que se cumple cuando la segunda aceleración (a_2) es mayor o igual a cero y la velocidad relativa después del tiempo de reacción (dv_{t1}) es mayor o igual a cero, y cuando se cumple el quinto criterio (K2d) no se realiza ninguna determinación de una situación de frenado de emergencia.

20 10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que con los procedimientos de evaluación (BV1, BV2) se calcula, respectivamente, una aceleración teórica ($a1_{d_1}$, $a2_{d_2}$).

11.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el primer procedimiento de evaluación (BV1) se establecen las ecuaciones del movimiento del vehículo propio (1) y del objeto delantero (2) en segundo orden en el tiempo y presentan:

25 una distancia relativa actual (dx), valores de aceleración actual (a_1 , a_2) del vehículo propio (1) y del objeto delantero (2) y velocidades actuales (v_1 , v_2) del vehículo propio (1) y del objeto delantero (2),

30 y se calcula si a partir de las ecuaciones de movimiento no se alcanza una distancia mínima (dx_{min}) entre el vehículo propio (1) y el objeto delantero (2).

12.- Procedimiento según la reivindicación 10 u 11, caracterizado por que en el primer procedimiento de evaluación (BV1) se calcula una primera aceleración teórica $a1_{d_1}$ utilizando la ecuación

$$a1_{d_1} = a_2 - \frac{(dv_{t1})^2}{2 \cdot (dx_{t1} - dx_{min})} \quad (\text{Ecuación 7})$$

35 en el que a_2 es la segunda aceleración, dv_{t1} es la velocidad relativa prevista después del tiempo de reacción (t_1), dx_{t1} es la distancia relativa prevista después del tiempo de reacción (t_1) y dx_{min} es la distancia mínima.

40 13.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el segundo procedimiento de evaluación (BV2) se calcula una segunda aceleración teórica ($a1_{d_2}$) a partir de un cálculo de qué recorrido de frenado ($s1_{br}$) se mantiene para el vehículo propio (1) cuando se inicia un frenado después del tiempo de reacción (t_1) sobre la base de los valores actuales de la velocidad propia (v_1), segunda velocidad (v_2) y segunda aceleración (a_2), la distancia relativa actual (dx) y la distancia mínima fija (dx_{min}).

45 14.- Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por que se calcula la segunda aceleración teórica ($a1_{d_2}$) sobre la base de la ecuación

$$a1_{d_2} = -\frac{(v1_{t1})^2}{2 \cdot s1_{br}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

50 con $v1_{t1}$ de la velocidad propia (v_1), calculada a partir de la velocidad propia actual (v_1) y la aceleración propia actual (a_1), del vehículo propio (1) después del tiempo de reacción (t_1) y el recorrido de frenado ($s1_{br}$) disponible del vehículo propio (1) cuando se inicia el frenado después del tiempo de reacción (t_1).

55 15.- Instalación de control (6) para un sistema de regulación de la dinámica de la marcha (5) de un vehículo propio (1) para la realización de un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en la que la instalación de control (6) recibe para la determinación de variables de estado (v_1 , a_1 , dx , v_2 , a_2):

una señal de medición de la distancia relativa (M1) de un sensor de distancia (4) para la determinación de una distancia relativa (dx) con respecto a un objeto delantero (2) que circula delante,

60 una señal de medición de la velocidad (M2) desde un sensor de velocidad (7) para la determinación de una velocidad propia (v_1) del vehículo propio (1),

en el que la instalación de control (6) calcula o mide, además, como variables de estado una aceleración propia (a1) del vehículo propio (1), una segunda velocidad (v2) del objeto delantero (2) y una segunda aceleración (a2) del objeto delantero (2) y datos registrados interna o externamente sobre un tiempo de reacción (t1) y

5 registra una distancia mínima (dx_min) a mantener para la distancia relativa,
 en la que la instalación de control (6) calcula a partir de las variables de estado (v1, a1, dx, v2, a2) por medio de un procedimiento de evaluación (BV1, BV2), si existe una situación de frenado de emergencia,

10 en la que la instalación de control (6) utiliza en función de las variables de estado (v1, a1, dx, v2, a2) diferentes procedimientos de evaluación (BV1, BV2) para la evaluación de si existe una situación de frenado de emergencia,

15 en la que la instalación de control (6) calcula en función de las variables de estado (v1, a1, dx, v2, a2) cuál de varios procedimientos de evaluación (BV1, BV2) debe utilizarse,

en el que los diferentes procedimientos de evaluación (BV1, BV2) comprenden al menos los siguientes procedimientos de evaluación:

20 un procedimiento de evaluación de la ecuación del movimiento (BV1) para la determinación de un sistema de ecuación del movimiento del vehículo propio (1) y del objeto delantero (2), y

25 un procedimiento de evaluación del recorrido de frenado (BV2) para la determinación de un recorrido de frenado (S1_br) disponible del vehículo propio (1),

en la que la instalación de control (6) emite, en función de la determinación, señales de control del freno (M3) a frenos del vehículo (8) y/o una señal de representación de alarma (Si1) al conductor.

30 16.- Sistema de regulación de la dinámica de la marcha (5) especialmente sistema de regulación del freno o sistema de la marcha en columna, especialmente para la realización de un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 14, en el que el sistema de regulación de la dinámica de la marcha (5) presenta una instalación de control (6) según la reivindicación 14, el sensor de distancia (4), el sensor de velocidad (7) y los frenos del vehículo (8).

35

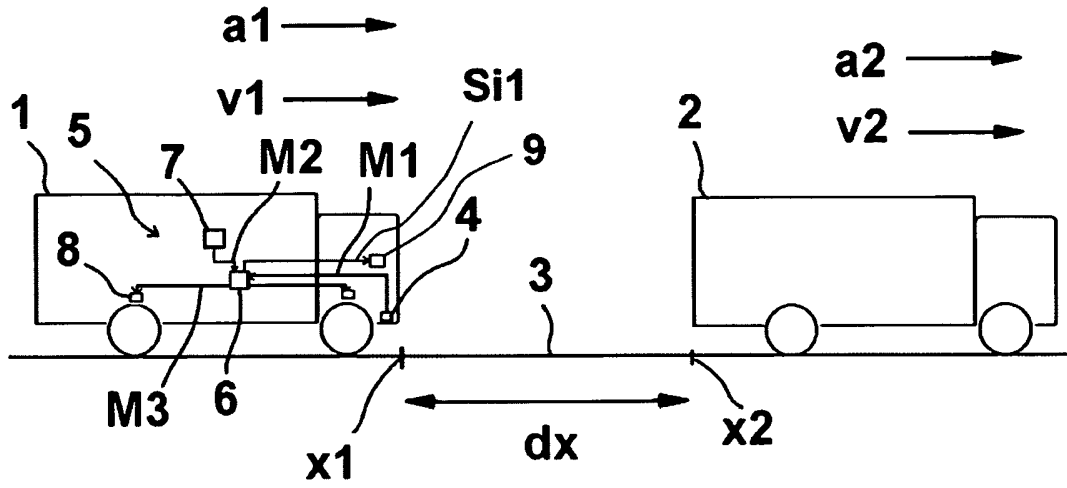


Fig. 1

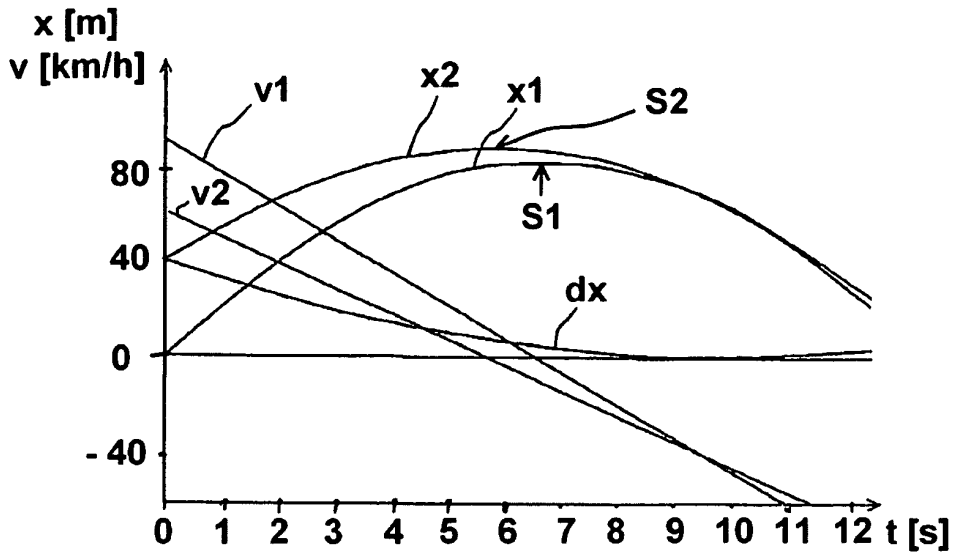


Fig. 2

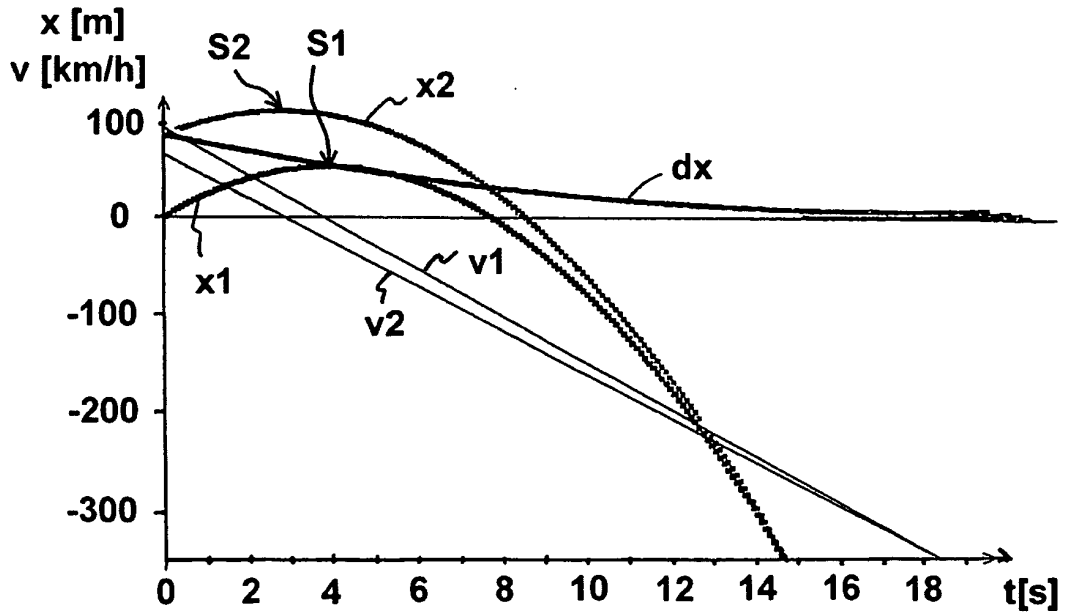


Fig. 3

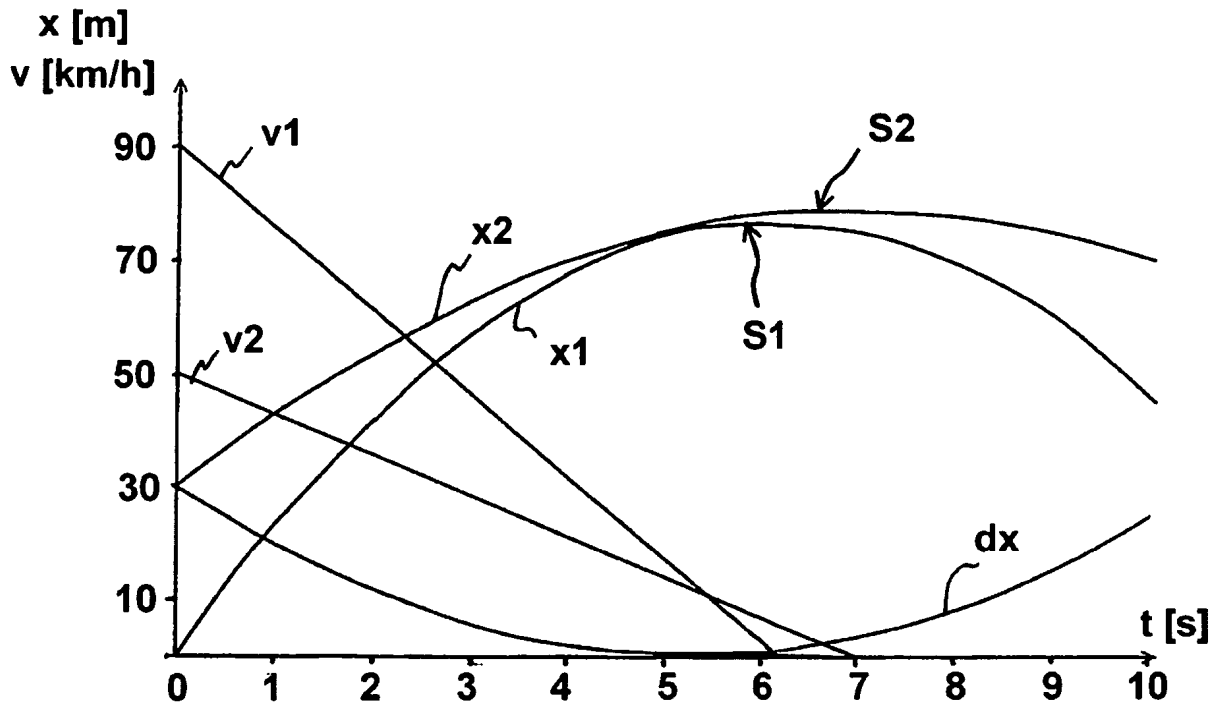


Fig. 4

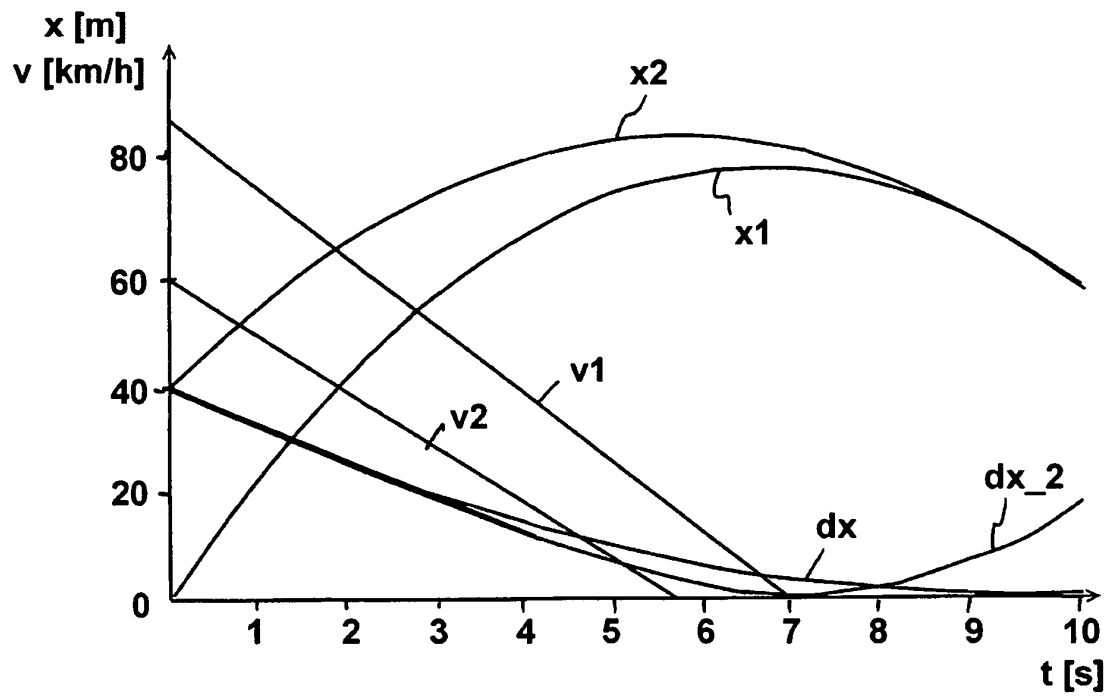


Fig. 5

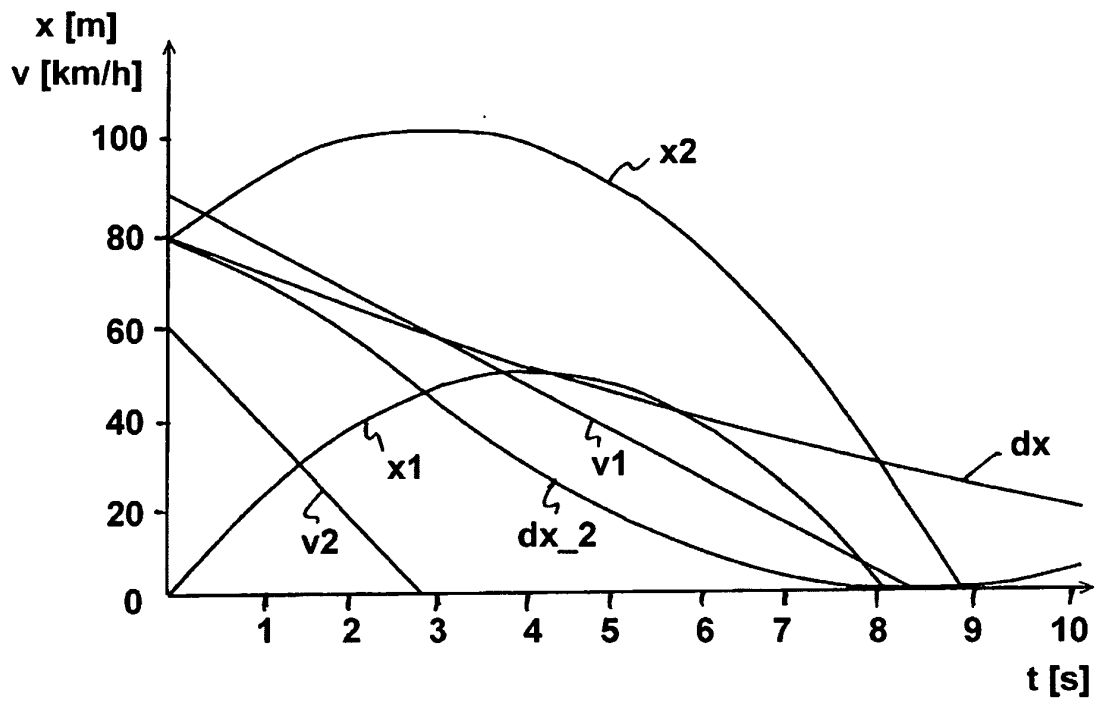


Fig. 6

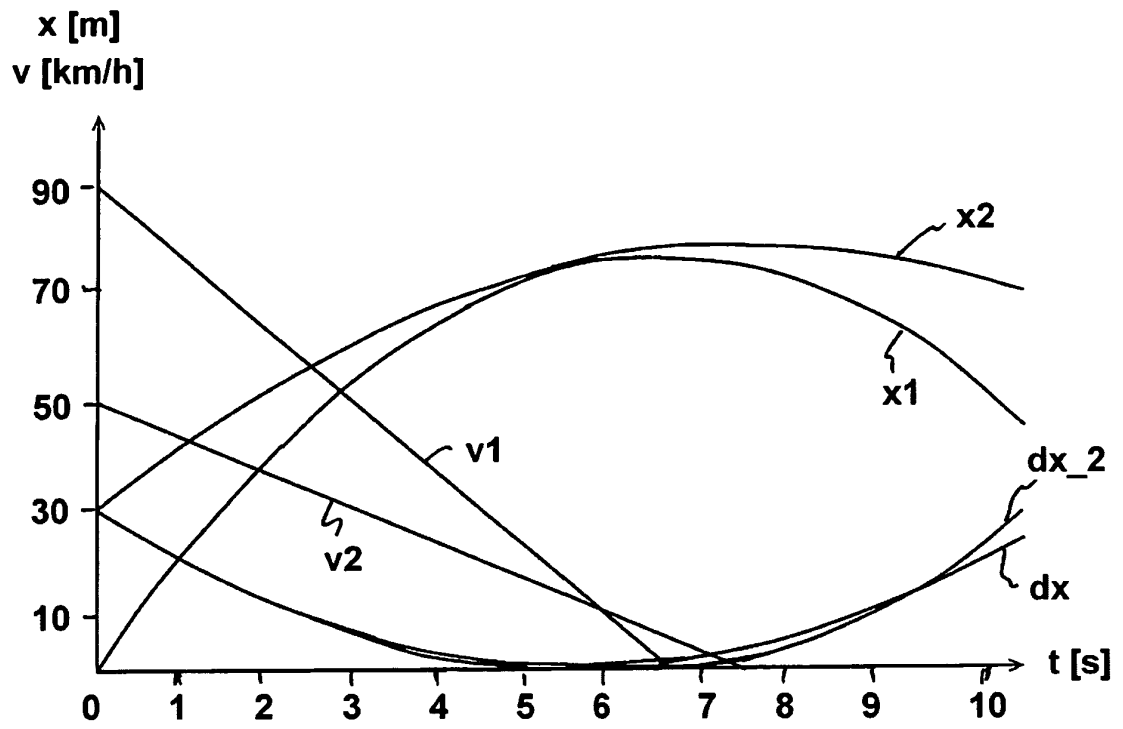


Fig. 7